Академија техничко-уметничких струковних студија
Београд

Стеван Радојчић

КАРТОГРАФИЈА

Београд, 2025.

КАРТОГРАФИЈА

друго издање

аутор: др Стеван Радојчић, дипл. инж. геодез.

рецензенти: проф. др Бранко Божић, дипл. инж. геодез.

др Славољуб Томић, проф. струковних студија

обрада и припрема текста: др Стеван Радојчић, дипл. инж. геодез.

корице: др Стеван Радојчић, дипл. инж. геодез.

издавач: Академија техничко-уметничких струковних студија Београд, Старине Новака 24, Београд

за издавача: др Ана Савић, проф. струковних студија

тираж : 50

штампа: Биограф, Београд

место и година издавања: Београд, 2025.

формат: B5

ISBN 978-86-6090-067-0

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

528.9(075.8)

РАДОЈЧИЋ, Стеван, 1962-
Картографија / Стеван Радојчић. - 1. изд. - Београд : Академија техничко-уметничких струковних студија, 2024 (Београд : Биограф). - VIII, 286 стр. : илустр. ; 24 cm

Тираж 50. - Напомене уз текст. - Речник кључних речи: 273-281. - Библиографија: стр. 270-272. – Регистар

ISBN 978-86-6090-067-0

а) Картографија

COBISS.SR-ID 138322953

Сва права задржава издавач. Није дозвољено да ова публикација или било који њен део буде дистрибуиран, снимљен, емитован или репродукован (умножен) на било који начин, укључујући, али не и ограничавајући се на фотокопирање, фотографију, магнетни или било који други вид записа, без претходне сагласности или дозволе издавача.

Предговор

Овај уџбеник је намењен студентима студијског програма Геодезија-Геоматика, Одсека Висока грађевинско-геодетска школа Академије техничко – уметничких струковних студија Београд.

Његов садржај прати наставни план и програм предмета *Картографија* на мастер струковним студијама, а значајним делом и програме новоакредитованих предмета *Тематска картографија* и *Основи топографске картографије* на основним мастер студијама.

Поједине теме су проширене, како би заинтересовани читаоци добили потпунији увид у разматрану проблематику, а сам уџбеник могућност шире примене, на другим високошколским установама.

Овај уџбеник треба да надомести недостатак савремене литературе из области картографије на српском језику и да на једном месту обједини теме од значаја за наставу на студијском програму Геодезија-геоматика Одсека ВГГШ, односно Академије техничко-уметничких струковних студија Београд. Зато је излагање праћено великим бројем слика (укупно 167) и примера, како би се материја боље разумела, а сазнања правилно применила у пракси.

Уџбеник садржи 8 поглавља.

Прво поглавље (*Картографија и карта*) је посвећено картографији као науци и карти као предмету њеног изучавања: основним појмовима и дефиницијама, поделама.

Друго поглавље (*Математички елементи карте*) је посвећено математичким елементима карте који дефинишу њену математичку заснованост: картографским пројекцијама и мрежама, размери, оквиру и формату карте и подели на листове. Дају се и формуле и процедуре рачунања карактеристичних линија и површина на површи елипсоида,

величина деформација и других задатака од практичног значаја.

Треће поглавље (*Државне пројекције у Србији*) даје детаљан преглед основних карактеристика Гаус-Кригерове пројекције и попречне Меркаторове пројекције у систему UTM. Пошто се обе користе као државне пројекције у Србији, дате су и основне формуле које су од значаја за решавање геодетских задатака у равни тих пројекција.

Четврто поглавље (*Географски елементи карте*) има за циљ сагледавање и разумевање најважнијих карактеристика сваког појединог географског елемента који општегеографску карту чини садржајно веродостојним моделом картиране територије. Тежиште је на разумевању начина и правила представљања географских елемената, као и међусобног односа свих елемената на карти, који треба да буде садржајно избалансиран и да чини прегледну, читљиву и естетски обликовану целину.

Пето поглавље је разматра средства картографског изражавања (картографске знакове, боју и писмо), њихову класификацију, основне карактеристике и принципе њиховог коришћења на картама. Разумевање средстава картографског изражавања од суштинске је важности за разумевање обликовање карата.

Шесто поглавље (*Обликовање карата*) има за циљ разумевање потребе и начина избора картографских средстава изражавања тако да служе основној намени карте, односно да чине складну целину која је у функцији прегледности, читљивости, визуелне хијерархије, естетичности и геометријске тачности. такође, укасује се на значај и начине обликовања ваноквирног садржаја и његове повезаности са изабраним средствима картографског изражавања.

Седмо поглавље (*Картографска генерализација*) је посвећено основној методи креирања садржаја карте, карографској генерализацији. Циљ је разумевање и овладавање основним поступцима којима се смањује сложеност садржаја карте у

циљу њене боље прегледности и читљивости, сагласно размери и намени карте.

Последње, осмо поглавље је разматра тематску картографију. Циљ је упознавање са појмом, карактеристикама и класификацијом тематских карата, као и овладавање главним методама приказивања тематског садржаја, начином поделе тематских нумеричких података на разреде (класе) и методама одређивања граница разреда (класа).

САДРЖАЈ

1. КАРТОГРАФИЈА И КАРТА 1

1.1 Предмет картографије 3

1.2 Подела картографије 4

1.3 Карта 6

1.3.1 Подела карата 8

1.3.2 Основне карактеристике карте 11

1.3.3 Елементи карте 11

1.3.4 Картама сродни прикази 13

1.3.5 Елементи листа карте 18

2. МАТЕМАТИЧКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ 23

2.1 Земља и њени модели 24

2.2 Карактеристичне линије и равни на елипсоиду и лопти 30

2.2.1 Меридијани и паралеле 31

2.2.2 Геодетска линија и ортодрома 32

2.2.3 Локсодрома 34

2.2.4 Нормални пресеци 35

2.3 Координатни системи у картографији 38

2.4 Рачунање дужине лука меридијана 42

2.5 Рачунање дужине лука паралеле 43

2.6 Рачунање површине 44

трапеза .....
2.7 Размера као математички елемент карте 45
2.7.1 Општа и делимична размера 45
2.7.2 Линеарна размера 46
2.7.2.1 Размера у правцу меридијана (m) и паралела (n) 48
2.7.2.2 Главни правци 50
2.7.2.3 Површинска размера 51
2.7.2.4 Обележавање размере на картама 51
2.8 Оквир и формат карте 54
2.9 Картографске пројекције и координатна мрежа као математички елемент карте 60
2.10 Класификација картографских пројекција 64
2.10.1 Подела према врсти развојне (помоћне) површи и положају осе пројекције 65
2.10.1.1 Усправне конусне пројекције 68
2.10.1.2 Усправне цилиндричне пројекције 70
2.10.1.3 Усправне азимутне (зенитне) пројекције 72
2.10.2 Подела пројекција према врсти деформација 73
2.10.2.1 Конформне (истоугле, ортоморфне) пројекције ... 73
2.10.2.2 Еквивалентне (истоповршинске) пројекције 75
2.10.2.3 Условне (произвољне) пројекције 76
2.10.3 Подела пројекција према облику картографске мреже 77
2.11 Рачунање величине и распореда деформација. Тисоова индикатриса 80
.....

3. ДРЖАВНЕ ПРОЈЕКЦИЈЕ У СРБИЈИ 85

3.1 Гаус-Кригерова пројекција 87

3.1.1 Рачунање правоуглих координата на основу географских координата (прави задатак) 93

3.1.2 Рачунање географских координата на основу правоуглих координата (обрнути задатак) 94

3.1.3 Конвергенција (зближавање) меридијана 95

3.1.3.1 Рачунање конвергенције меридијана у равни на основу географских координата 96

3.1.3.2 Рачунање конвергенције меридијана у равни на основу правоуглих координата 96

3.1.4 Рачунање линеарне и површинске размере 96

3.1.4.1 Рачунање линеарне (*c*) и површинске (*p*) размере на основу правоуглих координата 96

3.1.4.2 Рачунање линеарне (c) и површинске (p) размере на основу географских координата . 97

3.1.5 Редукција (модулација) координата 98

3.2 Попречна Меркаторова пројекција и UTM систем 99

3.2.1 Стандардне ознаке и формуле за рачунања у попречној Меркаторовој пројекцији која је део UTM система 106

3.2.2 Основне формуле и рачунања 111

4. ГЕОГРАФСКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ 113

4.1 Хидрографија 114
4.2.1 Перспективна метода представљања рељефа 119
4.2.2 Пластичне методе представљања рељефа 120
4.2.2.1 Пластика сенки 121
4.2.2.2 Пластика боја 124
4.2.3 Геометријске методе представљања рељефа 126
4.2.4 Комбинације геометријских и пластичних метода 130
4.3 Тло и вегетација 131
4.4 Насељена места 132
4.5 Објекти 134
4.6 Саобраћајнице 136
4.7 Границе и ограде 139
4.8 Географски називи (географска имена) 141
4.8.1 Врсте слова за називе и њихово позиционирање 143
4.8.2 Писање назива на страној територији 145
5. СРЕДСТВА КАРТОГРАФСКОГ ИЗРАЖАВАЊА 147
5.1 Картографски знаци 148
5.1.1. 150

Сигнатуре .....
.....
5.1.1.1 Тачкасте (иконичне) сигнатуре 150
5.1.1.2 Линијске сигнатуре 155
5.1.1.3 Површинске сигнатуре 156
*5.1.1.4 Растер .....
.....* 159
5.1.1.5 Бројчане и словне ознаке 162
**5.2 Боје .....
.....** 163
5.2.1 Атрибути боје 168
5.2.2 Модели боја 170
5.2.3 Простори боја 174
5.2.4 Хармонија боја 175
*5.2.4.1 Напомене у вези са постизањем хармоније боја на картама .....
.....* 178
5.2.5 Скале боја у картографији 179
**5.3 Писмо .....
.....** 182
5.3.1 Писмо као картографско изражајно средство 187
**6. ОБЛИКОВАЊЕ КАРАТА .....
.....** 193
**6.1 Визуелне варијабле .....
.....** 198
6.2 Својства визуелних варијабли 202
6.3 Процес израде 204

карте .....

7. КАРТОГРАФСКА ГЕНЕРАЛИЗАЦИЈА 209

7.1 Поступци картографске генерализације 213

7.2 Генерализација географских елемената 220

7.2.1 Генерализација хидрографије 221

7.2.2 Генерализација рељефа приказаног изохипсама 221

7.2.3 Генерализација насељених места 223

7.2.4 Генерализација саобраћајница (комуникација) 226

7.2.5 Генерализација вегетације 227

7.2.6 Генерализација географских назива 228

8. ТЕМАТСКА КАРТОГРАФИЈА 231

8.1 Класификација тематских карата 233

8.2 Карактеристике тематских карата 236

8.3 Методе приказивања тематског садржаја 237

8.3.1 Метода рејонирања 239

8.3.2 Метода ареала 240

8.3.3 Метода картограма 241

8.3.4 Метода картодијаграма 244

8.3.5 Метода линија кретања (линија тока) 256

8.3.6 Метода знакова 258

8.3.7 Метода изолинија 259

8.3.8 Метода тачака 262
8.3.9 Подела тематских података на класе (разреде) 263
8.3.9.1 Методе одређивања граница класа 265

Библиографија 270

Речник кључних речи 273

Индекс појмова 282

Индекс имена 285

1. КАРТОГРАФИЈА И КАРТА

Постоји много дефиниција картографије. Једна од најкраћих дефинише картографију као вештину и науку израде карата. При томе, као и код других сличних дефиниција, под појмом *карта* се подразумевају и картама сродни 2Д и 3Д прикази, попут: глобуса, рељефних модела, перспективних цртежа, профила и сл.

У разрађенијем облику, та дефиниција гласи:

„Картографија је вештина израде карата и наука која проучава садржај, концепцију, принципе и начине картографског изражавања методе и технике израде и издавања карата, њихово коришћење и њихов историјски развој.“

Познати совјетски картограф К. А. Салишчев дефинише картографију сложеније:

„Картографија је наука о одражавању и истраживању просторног размештаја, структуре и узајамних веза појава природе и друштва (и њихове промене у времену) посредством сликовно-знаковних модела (картографских приказа) који надограђују ове или оне делове стварности у уопштеној и прегледној форми.“ (Салишчев, 1976)

Познати немачки картограф Г. Хаке каже:

„Картографија је делатност која се бави прикупљањем, прерадом, чувањем и употребом информација о простору,

ради њихове визуелизације картографским приказом.“ (Hake & Grünreich, 1994)

И Међународна картографска асоцијација (*International Cartographic Association, ICA*) има неколико различитих дефиниција картографије, нпр:

''Картографија је научна дисциплина која обухвата картирање, концепцију, продукцију, афирмацију и проучавање карата.“ (ICA, 1995).

“Картографија је јединствено средство за стварање и манипулацију визуелним или виртуелним приказима геопростора – картама – који омогућавају истраживање, анализу, разумевање и комуникацију информација о том простору.“ (ICA, 2003).

“Картографија је наука, уметност и технологија израде и коришћења карата“ (ICA, 2019).

У употреби су и друге дефиниције картографије, које су формулисали поједини истакнути теоретичари картографије или картографски ауторитети у појединим земљама.

> Реч *картографија* је кованица грчих речи *хартес* (χάρτης) у значењу папир, хартија и *графеин* (γράφειν), у значењу писати. Иако је вештина израде карата веома стара – сматра се да је старија од писма – сама реч је настала тек на почетку 19. века, у процесу прерастања картографије у науку.

Од античког доба до 18. века, картографија је била у окриљу географије. То је природно, јер географија описује и тумачи појаве које се односе на Земљу и међузависност утицаја природних и друштвених процеса, а то је пуно лакше са картама него без њих; штавише, отац географије, Ератостен из Кирене (276–194 п.н.е.) је географију дефинисао као *графичко представљање површи Земље*.

Од средине 18. века картографија постаје повезана и са геодезијом. Наиме, тада почињу први систематски премери појединих држава, засновани на геодетској основи (триангулацији) и у прикладним пројекцијама, са циљем

израде тачних (топографских) карата националне територије у некој крупној размери. Такве карте су омогућавале не само оријентацију на терену и проучавање картиране територије, већ и мерење релативних односа између приказаних објеката и појава и одређивање апсолутних положаја чија је тачност ограничена само размером и пројекцијом. Пошто су геодети били надлежни за успостављање геодетске основе и премер, било је природно да преузму и израду карата крупнијих размера, као и катастарских, топографских и других планова. Уз то, карта државне територије у крупној размери омогућила је геодетима и израду карата исте територије у ситнијим размерама једним тада новим картографским поступком: генерализацијом (уопштавањем) садржаја карата крупнијих размера у ситнију размеру.

Почетком 20. века картографија добија атрибуте засебне науке, која је – уз преузимање знања, методе и теорије од других наука – створила и властите методе и теорије. У поступку усвајања и/или провере теоријских поставки, принципа и метода, у картографији се спроводе и одговарајућа истраживања и експерименти.

Појам картографија се користи и са одредницама које се односе на делатност (нпр. „државна картографија”, „војна картографија”), израду и проучавање одређених врста карата (нпр. „топографска картографија”, „тематска картографија”, „дигитална картографија”), као и резултате картографске делатности у појединим периодима или појединим државама (нпр. „античка картографија”, „средњовековна картографија”, „руска картографија”, „српска картографија”...), као и у неким другим ужим значењима

Нема јединственог погледа о месту картографије међу наукама: једни је постављају уз географију (као природну науку), други уз геодезију (као техничку науку), а поједини аутори указују и на уметничку страну коју картографија има, иако сама карта није производ уметности.

> Везе картографије са географијом и геодезијом су остале снажне до данас, с тим да се у геодезији нешто детаљније изучавају

картографске пројекције и крупноразмерне карте, а у географији карте ситнијих размера и тематске карте.

1.1 Предмет картографије

Иако не постоји ни општеприхваћена дефиниција картографије ни јединствен поглед у вези са њеним местом у систему наука, у погледу предмета картографије постоји пуна сагласност картографа.

Основни предмет картографије је, уопштено узевши, карта, посебан облик приказивања географске стварности (реалности).

Осим карте, предмет картографије су и карти сродни прикази, попут глобуса, рељефних модела, панорамских приказа, приказа из птичје перспективе, итд.

Та стварност је најчешће Земљина површ, односно њен облик са природним и вештачким објектима, као и објектима и појавама које су у вези са њом. Но, осим на Земљу, наведена стварност се може односити на неко друго небеско тело (нпр. карта Месеца), као и на небески свод (звездане карте).

Картографију не занимају само естетика и функционалност картографског приказа у складу са његовом наменом (картографско моделовање и изражавање), нити само технике и технологије израде и издавање карата. Она је заинтересована за пуно шири и комплекснији приступ који обухвата: перцепцијске, когнитивне и комуникативне аспекте и процесе и њихов утицај на читаоца и аутора карте, феномен простора и просторних информација (карактеристике, генезу, специфичности, међусобну условљеност), концепте, моделе и технике прикупљања и тумачења просторних информација, математичку везу карте (картографског приказа) и реалног света који приказује, итд.

Картографија, дакле, има више лица. Када покушава да разуме и ефикасно пренесе просторне информације прилагођене перцепцији читаоца, намени карте и медију

остварењу комуникације, онда доминира њена научна страна; када се бави питањем графичког обликовања карте, онда до изражаја долази њено уметничко лице; када се бави питањима израде и умножавања карте, онда до изражаја долази њена техничка страна.

Но, та три лица се увек испољавају синергично, а не сепаратно.

1.2 Подела картографије

Постоји много подела картографије, у зависности од одабраног критеријума.

Према природи проблема који изучава картографија се дели на научну и производну; према објекту приказа на географску и космичку; према садржају на топографску и тематску; према намени на војну и цивилну, итд.

У Србији је одомаћена подела према тематици, по којој се картографија на дели на четири гране односно дисциплине (Peterca i dr., 1974):

- општу картографију,
- математичку картографију,
- практичну картографију и
- метакартографију.

Општа картографија изучава:

- средства и методологију графичког изражавања
- карте: њихове особине, класификација, елементи, садржај
- методе анализе и оцене квалитета карата
- начин коришћења карата за разне потребе

- историјски развој картографије

Поједине врсте карата се изучавају у оквиру одговарајућих поддисциплина опште картографије: тематске картографије, топографске картографије, дигиталне (рачунарске) картографије, итд.

Математичка картографија изучава:

- картографске пројекције
- остале математичке елементе карте
- разна картографска рачунања

Практична картографија изучава:

- планирање и организацију картографске делатности
- организацију израде карата
- технику и методологију састављања карата
- технику и технологију умножавања карте (картогр. репродукцију)
- картометрију (мерења на карти)

Метакартографија изучава теорију картографије (теоријске основе, правци развоја, однос са другим наукама, итд).

1.3 Карта

Основни предмет картографије је карта.

Данас свако зна шта је карта. Са њом се савремени човек сусреће још у детињству, отприлике кад и са књигама, текстом и сликама. Но, испоставља се да ипак није лако дефинисати појам карте, па постоје многе дефиниције. Опште сагласности нема.

Неке типичне дефиниције су:

- Карта је редукована, селективна и симболизована графичка репрезентација неког простора.
- Карта је условљен, смањен и генерализован приказ површи Земље у равни који задовољава одређене математичке услове.
- Карта је графичка репрезентација просторних односа и просторних облика.
- Карта је умањена слика земљине површи, неког дела земљине површи или неба.

У домаћој литератури се често користи следећа дефиниција карте:

„Карта је у одређеном односу смањена, математички конструисана и уопштена слика целе Земљине површи или њених појединих делова на равни, која на посебан графички начин приказује распоред, стање и међусобне односе разних објеката и природних и друштвених појава, одабраних сходно намени.“ (Peterca i dr, 1974).

Међународна картографска асоцијација *ICA* је 1995. године (10. генерална скупштина у Барселони, Шпанија) усвојила следећу дефиницију карте:

„Карта је симболизована слика особина или карактеристика географске стварности које креативно бира њен аутор, намењена за употребе у којима су просторни односи од примарног значаја“.

ICA је, у намери да се дефиницијом боље обухвате дигиталне карте и картографски прикази, најавила нову дефиницију, а у међувремену у својим стратегијским документима користи наведену дефиницију, у којој је реч „слика“ замењена речју „приказ“ (тј. „Карта је симболизовани *приказ* особина“...) или неколико потпуно нових дефиниција (нпр. „Карта је апстрактни визуелни приказ геоокружења“. (ICA, 2019 (http://icaci.org/strategic-plan).

> Стари Грци су за карту користили реч *пинакс* (πίναξ), изворно коришћену за офарбану даску на којој је био исписан текст,

доцније и за сваки текст и књигу, па и за карту. Такође су користили и речи *хартес* (χάρτης), која је усвојена из египатског језика, заједно са папиром као материјалом.

Стари Латини су, по узору на Грке, користили реч *tabula* (табла) или *picta* (од *pingere* = офарбати). Од 16. века Латини користе и реч *mappa* коју доцније преузимају Енглези (*map*).

Већина савремених европских језика – укључујући и српски – од 14. века користи реч **карта**, од грчког *хартес*), које се усталило у латинској верзији, као *charta.*

Она се користи и у енглеском језику (*chart*), али само за навигационе карте, за остале се користи *map*.

Карте као приказ реалног света имају велику употребну вредност и представљају снажно средство за његово разумевање и проучавање.

Карте нам, пре свега, пружају увид у физичко-географске (рељеф, хидрографија, вегетација и сл.) и друштвено-економске (границе, насељена места, саобраћајнице и сл.) карактеристике неког простора на прегледан начин. Оне омогућавају разумевање простора и сагледавање не само размештаја елемената садржаја, већ и њихову интеракцију, просторне обрасце и трендове.

То их чини подесним извором информација за разноврсна научна истраживања: геоморфолошка, хидрографска, топонимска, еколошка, саобраћајна, експлоатациона и многа друга; од посебног је значаја и могућност сагледавања промена током времена, када се за исто подручје располаже одговарајућим картама насталим у различитим епохама.

Карте су незамењиво наставно средство, на свим облицима школовања: од основне школе до постдокторских студија.

Карте се користе и у техничком смислу: за оријентацију и кретање (навигацију) на копну, води и ваздуху; као подлоге за разноврсна планирања (уређење земљишта, урбанистичко и просторно планирање, пројектовање саобраћајница и сл.); као радне карте (за смештај и регистрацију података истраживања на терену, за праћење неке ситуације /поплаве, пожари, борбени распоред и сл/); за разна мерења и анализе

које замењују рад на терену (дужине, углови, површине, надвишавања, догледања, инсолација (осунчаност), облици, итд.

Захваљујући својој естетици, карте се често користе и као украс, обично у затвореном простору. Такође се користе и као инспирација и мотив дизајнерима за уређење простора, илустрацију предмета за свакодневну употребу, чак и за уметничко изражавање аутора.

1.3.1 Подела карата

Чињеница да постоји веома велики број разноврсних карата захтева да се оне класификују (групишу), ради олакшавања проучавање карата које припадају истој врсти и систематског чувања, издавања и претраживања збирки аналогних и дигиталних карата похрањених у библиотекама, картографским збиркама и магацинима.

Класификовање се врши груписањем карата по врстама, на основу неких заједничких карактеристика. Критеријуми класификовања могу бити различити: територијални захват, специфичност (тематика) садржаја, размера, намена, средства и методе картографског приказа, техничке особине, итд.

Према захвату територије, карте се деле на:

- карте света
- карте копнених површи (континената, држава, покрајина, градова)
- карте водених површи (океана, мора, залива)

Према садржају, карте се деле на:

- <u>општегеографске:</u>
  - прегледне (географске), 1: 1 000 000 и ситније

  - прегледнотопографске, 1: 200 000 (1: 250 000) до 1: 1 000 000
  - топографске, 1: 200 000 (250 000) и крупније

- тематске:
  - физичко-географске
  - социјално-економске
  - техничке, итд.

Општегеографске карте представљају Земљину површ са свим физичко-географским и социјално-економским објектима који се на њој налазе, у подједнаком обиму, тј. без посебног истицања неког елемента садржаја.

Тематске карте су оне које истичу поједини елемент садржаја општегеографске карте (нпр. хидрографска карта), и/или приказују садржај који се не даје на општегеографским картама (нпр. геолошка карта).

> Овде треба уочити да се за *прегледну карту* (општегеографску карту размере ситније од 1: 1 000 000) као синоним користи појам *географска карта*. Међутим, појам *географска карта* се користи и у пуно ширем контексту, за све карте чији се садржај које се односи на Земљу (дакле, и на општегеографске и тематске које приказују делове наше планете), за разлику од *космичких карата* чији се садржај односи на небески свод (карте неба, звездане карте) и небеска тела (карте Месеца, Марса...) и које се, истим приступом као за Земљу, могу поделити на општекосмичке и тематске космичке).

Према размери, карте се деле на:

- карте ситне размере, ситније од 1: 1 000 000,
- карте средње размере, од 1: 300 000 до 1: 1 000 000,
- карте крупне размере, 1: 200 000 до 1: 5 000 и
- карте најкрупнијих размера (планови), крупније од 1: 5 000

Према намени разликујемо:

- школске карте (за основну, средњу и високу школу),
- информативне карте (за шири или ужи круг корисника, техничке карте и сл.) и
- војне карте (топографске, хидрографске, тенковске, и сл.).

Класификовање карата по намени није увек изводљиво, јер многе карте имају вишеструку намену.

Према физичким својствима карте разликујемо (Moellering, 1984):

- реалне (аналогне, *hard copy*) карте и
- виртуалне (дигиталне, рачунарске) карте (тип 1, тип 2 и тип 3).

Ово је најновији начин класификовања, узрокован применом дигиталних технологија у картографији. *Реалне карте* су производи који се могу опипати и видети. *Виртуалне карте* (за чије је коришћење неопходан рачунар и одговарајући софтвер) немају једно или оба наведена својства реалних карата, а сврставају се у три типа: 1. оне које се могу видети на екрану као картографска слика, али се не могу опипати (**тип 1**), 2. оне које се могу опипати, али не и видети у облику картографске слике, нпр. карте на неком магнетном медију (**тип 2**) и 3. оне које се не могу ни опипати ни видети, нпр. веб карта, карта у *.pdf датотеци, , итд. (**тип 3**).

Сва три типа виртуалних карата се могу на одређени начин, уз помоћ рачунара и одговарајућег софтвера, конвертовати у реалну карту (нпр. штампањем).

Према употребном облику разликујемо: зидне, приручне или стоне (несавијене и савијене /џепне/) и карте у публикацијама (атласне и др).

Према изворима на основу којих су састављене разликујемо:

- изворне (основне, темељне) и
- изведене карте

Изворне карте настају као резултат премера и прикупљања података на терену, а изведене настају њиховим генерализацијом или прерадом других карата.

1.3.2 Основне карактеристике карте

Под картом се не подразумева сваки приказ Земљине површи (односно неба и других планета).

Типичну карту карактеришу следеће особине по којима се разликује од других приказа:

- **размера**
  (однос дужине на карти према кореспондентној дужини у природи)
- **картографска пројекција**
  (математички закон пресликавања садржаја карте)
- **картографски знаци** (симболи, условни знаци)
  (посебан начин графичког приказивања)
- **картографска генерализација**
  (избор и уопштавање објеката и појава које се приказују)
- **положајна одређеност (георефернцираност)**
  (познато је на коју се локацију/територију односи)

Захваљујући овим особинама, карта је веродостојан приказ стварности, па се на њој могу уочити и квантификовати (измерити) односи између приказаних елемената садржаја. Јасно је да су наведене особине међусобно тесно повезане, а све заједно треба да проистичу из намене карте.

Наравно, не мора свака карта имати сва наведена својства, нека могу бити изостављена због специфичности израде конкретне карте или њене намене.

1.3.3 Елементи карте

Укупан садржај географске карте се по својој суштини и карактеристикама може разврстати у четири основне групе, специфичне целине, које се називају елементима карте. Подела на елементе се врши ради лакшег проучавања значаја и специфичности свакога од њих, као и њихове међусобне повезаности.

Елементе карте чине:

1. математички елементи:

- картографска пројекција и координатна мрежа,
- размера карте,
- оквир и формат карте и
- подела на листове и њихово означавање (номенклатура).

2. географски елементи:

- физичко-географски елементи: хидрографија, рељеф, земљиште и вегетациони покривач,
- социјално-економски елементи: насељена места, економски и социјално-културни објекти, саобраћајнице и везе, границе и
- географски називи.

3. редакцијски подаци:

- наслов карте,
- подаци о размери, пројекцији, елипсоиду, почетном меридијану, еквидистанцији, мрежама и сл.,
- легенда,
- графикони за мерења на карти,

- информације о изворима и времену израде и
- информације о аутору и издавачу.

4. допунски елементи:

- графички,
- табеларни,
- текстуални, итд.

Наведени елементи се детаљније обрађују у наредним поглављима.

1.3.4 Картама сродни прикази

Осим карте, предмет картографије су и картама сродни прикази, попут глобуса, рељефних модела, панорамских приказа, приказа из птичје перспективе, итд. Уз то, постоји и неколико врста картографских приказа који имају назив „карта“, али имају специфичан поступак израде и начин коришћења, а изгледом се могу веома разликовати од осталих карата, попут: рељефних карата, (орто)фото карата, тактилних карата (за слабовиде и слепе особе), анаглифних карата, холограмских карата, итд., па се у овом поглављу указује и на њих.

Глобус (латинска реч за лопту) је тродимензионални картографски приказ Земље, неког небеског тела или привидне небеске сфере на лопти. Пресликавање се врши у одговарајућој размери, по правилима централне пројекције (центар глобуса коинцидира са центром Земље односно небеског тела или небеске сфере), тако да је то најверније приказ сферне површи, без деформација које су неминовне приликом пресликавања сферне површи на раван. *Географски или терестрички глобус* (глобус Земље) може ротирати око осовине која се подудара са осом Земље (пролази кроз полове) и која је обично нагнута попут Земљине према равни

еклиптике, за угао од 23°27′. У употреби су и *астрономски глобуси* (звездани, планетарни, месечеви).

Рељефни модел је тродимензионалан приказ дела површи Земље или другог небеског тела у изабраној размери. Размера по висини је обично увећана, ради боље изражајности рељефних облика и може бити константна или променљива, у зависности од карактеристика рељефа на разматраном подручју (када су релативна надвишавања мања, примењују се већа висинска повећања). Рељефни модели се користе као наставно средство или атрактиван приказ неког подручја (националог парка, спомен-подручја, туристичког комплекса и сл), те као матрице за серијску производњу рељефних карата. У савременим условима, за њихову израду се користе дигитални модели терена и 3Д штампачи или *CNC* машине (рачунарски контолисана токарска машина односно струг).

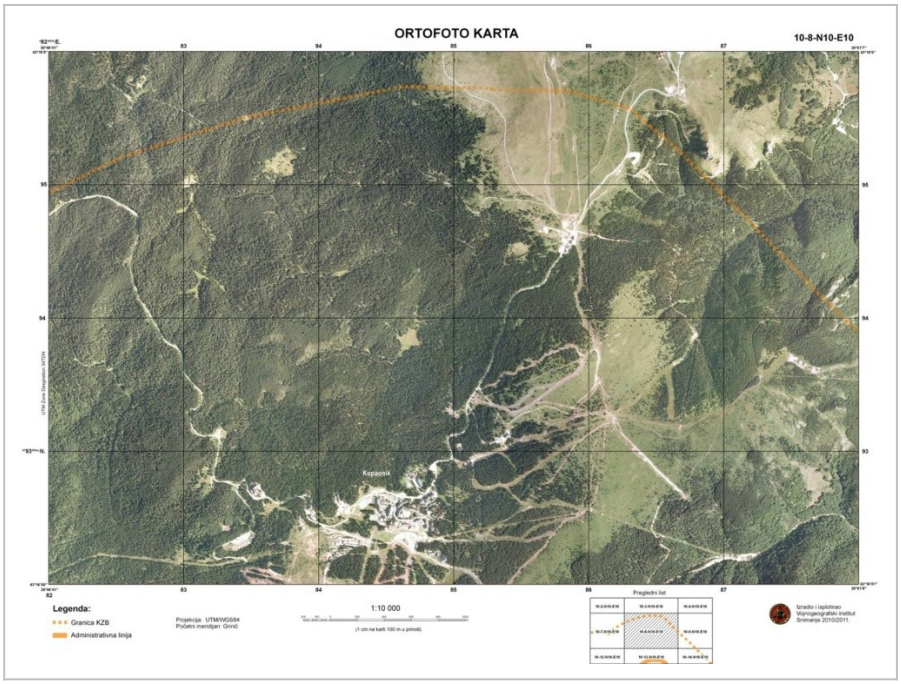
Слика 1-1: Земљин глобус
(https://touch-mapper.org/en/)

Рељефне карте су карте на којима је рељеф приказан у трећој димензији. Израђују се као „класичне“ карте, али се штампају на пластичним листовима који се потом загревају и вакумирају на одговарајући рељефни модел у тзв.

термовакумским машинама; по хлађењу, пластика задржава облик модела.

Слика 1-2: Рељефна карта СФРЈ у размери 1: 750 000 (Војногеографски институт, 1979)

Ортофотокарте почивају на снимцима из ваздуха или сателитским снимцима који су претходно трансформисани из централне у ортогоналну пројекцију (орторектификовани) и сведени у одређену размеру и пројекцију. Поједини елементи на снимку се могу нагласити одговарајућим картографским методама (нпр. црвеном бојом сви асфалтирани путеви), а може им се додати и картографски садржај који на снимку не постоји: координатна мрежа, називи, изохипсе, бројчане и словне ознаке, итд. Ортофото карте се израђују брже у односу на „класичне“ карте, а садржај им је актуелнији, али је за њихово коришћење потребно одређено искуство у дешифровању снимака.



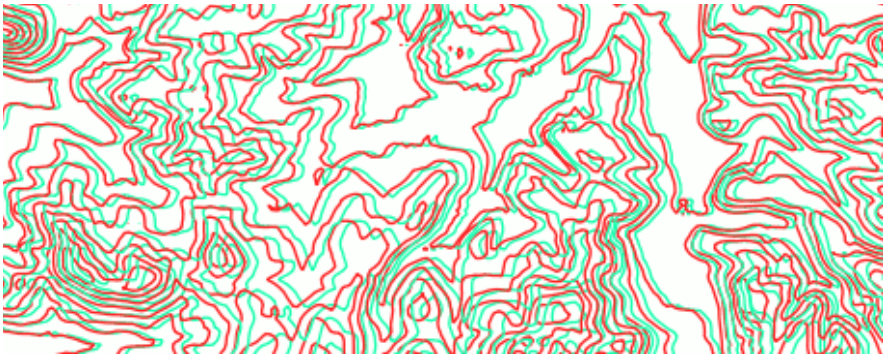
Слика 1-3: Ортофото карта
(Војногеографски институт, 2011)

Тактилне карте су поједностављене верзије обичних карата, намењене слабовидим и слепим особама за учење или кретање. Елементи садржаја су дати издигнуто од равни карте, а могу имати и различиту храпавост, како би их слабовида особа могла користити као тактилну информацију. Уз то, називи и други текст је исписан Брајевом азбуком. Могу се комбиновати са звучним информацијама (аудиотактилне карте). Данас се израђују на рачунару, помоћу одговарајућег софтвера који их генерише на основу „обичних“ дигиталних карата, а штампају се на 3Д штампачу.

Слика 1-4: Тактилна карта
(https://touch-mapper.org/en/)

Стереоскопске карте су карте рађене ослонцем на стереоскопски ефекат тако да се при посматрању кроз стереоскопски прибор добија утисак просторности (треће димензије). Разликујемо анаглифне и поларизацијске стереоскопске карте. *Анаглифне карте* чини стереопар, изведен као стереоцртеж и одштампан у две комплементарне боје (најчешће црвена и зеленоплава) тако да се цртежи преклапају. Анаглифни стереоскопски ефекат се добија када се карта гледа кроз наочаре чије је једно стакло у једној, а друго у другој примењеној боји; боје стакала су, у ствари, филтери за боје, па свако око види једну слику стереопара које се у перцепцији посматрача спајају у једну, монохроматску стереослику. *Поларизацијске карте* се израђују слично као и англифне, али другом техником, поларизацијском штампом. Посматрају се помоћу наочара чија су стакла обложена поларизацијским филтерима.

> Занимљиво је да анаглифне моделе могу видети и лица која су неосетљива на боје, јер се овде не врши оптичко мешање боја, већ физичка филтрација светлости различитих таласних дужина; један филтер пропушта једну светлост, а други филтер другу).



Слика 1-5: Анаглифна карта
(https://hannes.enjoys.it/blog/2019/07/anaglyph-3d-contour-lines)

Холограмске карте почивају на холографији, поступку снимања и репродукције тродимензионалне слике неког објекта помоћу кохерентне светлости, без употребе сочива. Од 2Д фотографије се разликује што, осим распореда и интензитета таласа светлости који се одбијају од фотографисаног објекта, бележи и њихов смер и фазу. Тиме се чувају сва својства таласног фронта светлости, па тако и информација о просторним својствима објекта. Холограм посматран из различитих углова пружа различите призоре снимљеног објекта; једно посматрачево око види холограм под другачијим углом од другог ока, па отуда и утисак да се посматра стварни објекат.

На крају, дефинишимо и појам **атлас**. Збирка карата систематски сређена у садржајну целину, обично повезана у књигу, назива се атлас. Атласи се разликују према намени, садржају и начину израде. **Географски (општегеографски) атлас** је уобичајени назив за збирку карата које приказују географску стварност света и његових главних целина (атласи света), региона (регионални атласи) или држава (национални атласи). **Тематски атласи** садрже карте са садржајем који је тематски повезан (историјски атлас, демографски, геолошки, итд). Посебну врсту атласа чине **школски атласи**.

Поделе атласа се могу вршити и према другим критеријумима: структури, технологији израде, размери, итд. Развојем картографије настали су **електронски (дигитални)**

атласи, са садржајем који није доступан класичним атласима (мултимедија, анимација, хипертекст, итд.).

1.3.5 Елементи листа карте

Карте се, традиционално, користе одштампане на папиру. Папир је, по правилу, облика правоугаоника или квадрата, а његове димензије се одређују у зависности од неколико чиниоца: начину коришћења карте, могућностима и ограничењима расположивих репродукцијских и штампарских ресурса, итд. Лист папира на којем је одштампана карта назива се *лист карте*.

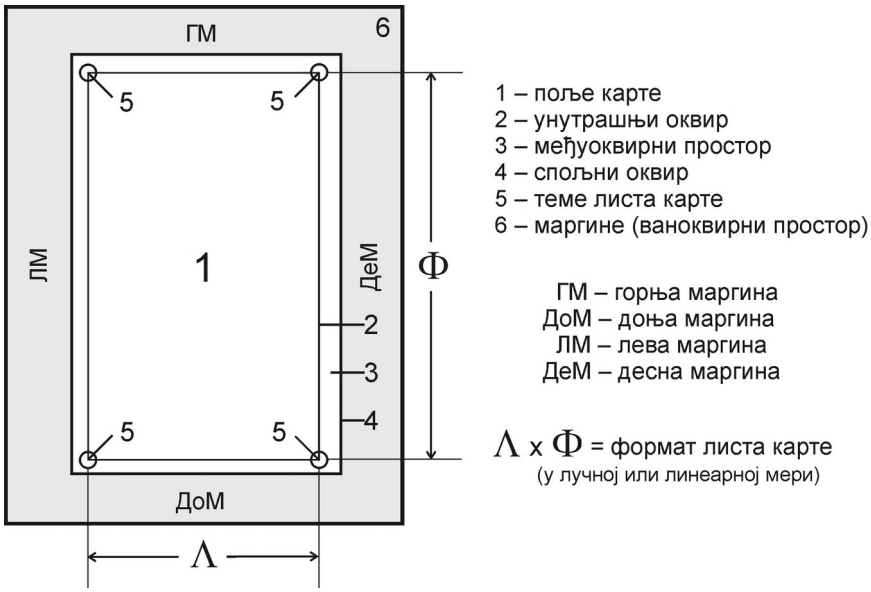
У свакодневном говору се под појмом *карта* често подразумева *лист карте* на којем се, осим картографског цртежа налазе и други подаци, текстуални и графички, смештени изван самог картографског садржаја.

Многе карте се приказују само на једном листу папира, јер то дозвољава размера (и величина самог листа). Међутим, када садржај карте с обзиром на размеру не може бити приказан на једном листу, користи се више листова који се потом могу слепити у једну целину (нпр. зидне карте) или се, попут топографских карата, могу користити у одвојеним листовима, односно слепљени у целине са различитим бројем листова.

> Код вишелисних карата, сваки лист има своју ознаку која га једнозначно дефинише; систем означавања листова се назива *номенклатура*. Подела на листове и номенклатура ће бити детаљније разматрани у наредним поглављима, а на овом месту се дају елементи које може да има један лист карте.

На листу карте разликујемо две основне целине: простор који је покривен цртежом који одговара дефиницији карте (тзв. *поље карте*) и простор који аутор (издавач) користи да би дао редакцијске и друге податке који указују на назив и порекло карте и помажу њено коришћење (тзв. *маргине*).

У ваноквирном простору се даје ваноквирни садржај: редакцијски подаци и допунски елементи.



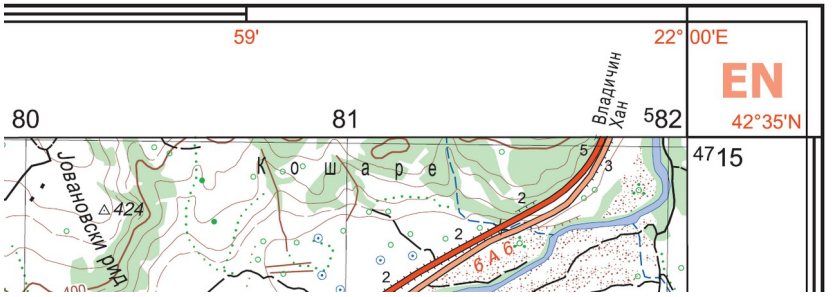
Слика 1-6: Елементи листа карте

Ту спадају:

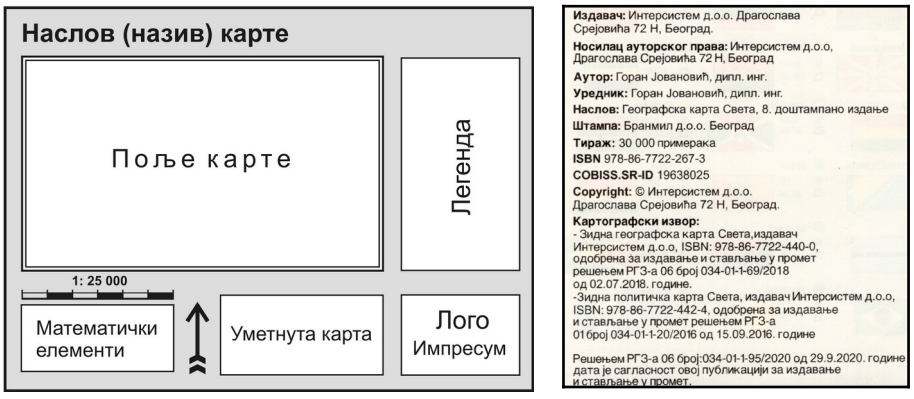
- наслов карте,
- подаци о математичким елементима карте: размера, елипсоид, пројекција, почетни меридијан, средњи ниво мора, еквидистанција, подаци о мрежама, итд.,
- информације о изворима и времену израде,
- информације о аутору, редактору и издавачу,
- легенда (тумач знакова),
- графикони и помагала за мерења на карти (нагибно мерило, координатомер, размерник...),
- ознака листа карте и ознаке суседних листова (за вишелисне карте) и
- други подаци и напомене од значаја за коришћење карте (хипсометријска скала, табеле, профили, ознака правца севера или страна света, уметнуте карте и сл.).

У Републици Србији је издавање карата регулисано прописима. Између осталог, прописан је и импресум – законом прописани обавезни подаци о издавачу, штампарији, уреднику, аутору, картографским изворима, итд. који се морају навести у ваноквирном садржају сваке карте намењене за јавну употребу.

Неке карте имају два оквира: унутрашњи (ближи пољу) и спољашњи. Простор између та два оквира – међуоквирни простор – може бити празан или садржавати одређене бројчане и словне ознаке или податке.



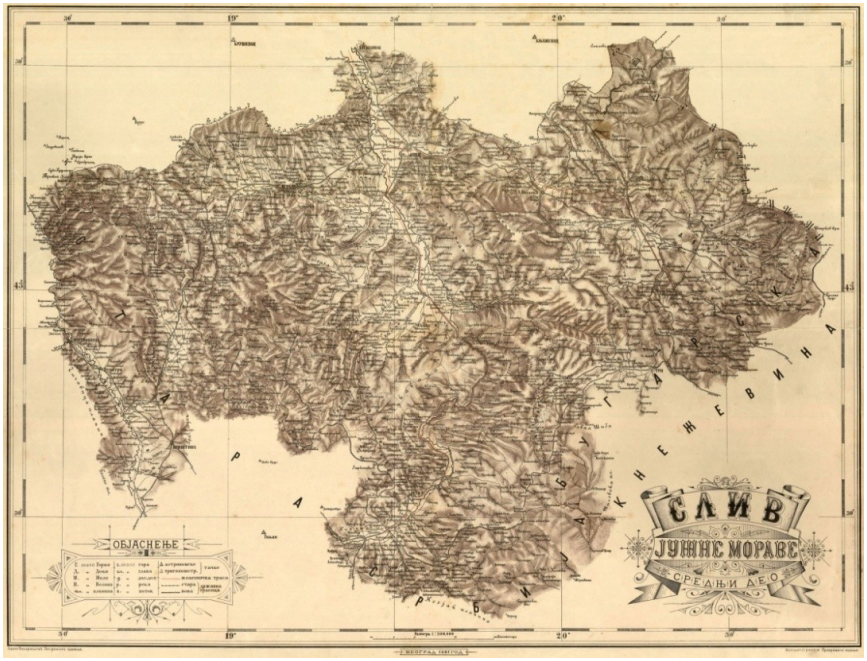
Слика 1-7: Део међуоквирног садржаја карте 1:25 000 у издању нашег ВГИ: ознаке правоугле координатне мреже и мреже меридијана и паралела, веза саобраћајница са суседним листовима и сл.



Слика 1-8: Пример листа карте (лево) и импресума Географске карте Света издавача Интерсистем д.о.о. из Београда (десно)

Наравно, лист карте може изгледати и другачије од овде наведених општих примера: постоје карте без оквира, садржај не мора испуњавати сав простор унутар оквира,

оквир не мора бити правилног облика, у пољу карте се могу налазити и редакцијски подаци (чак и друге карте), део садржаја карте може прелазити оквир и ући у маргину, итд.



Слика 1-9: Пример карте чије се поље не простире до оквира карте:
Слив Јужне Мораве 1: 300 000
(Географско одељење Главног генералштаба (ВГИ), 1878. године)

2. МАТЕМАТИЧКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ

Математички елементи географске карте дефинишу њену математичку заснованост, односно везу положаја тачака, линија и површи на физичкој површи Земље и њихових слика на карти, као и њихов међусобни положајни однос.

Они описују локацију картиране територије на површи Земље и омогућавају сагледавање положаја и просторног односа приказаних објеката и појава, као и квантификацију тог односа: одређивање координата тачака на приказу и мерење и одређивање различитих величина (дужина, углова, површина, висина) која су кореспондентна вредностима тих величина у природи. И обрнуто: математички елементи омогућавају да се на карту нанесу тачке на основу познатих координата или у односу на објекат приказан на карти.

Математички елементи карте су, да поновимо, следећи:

- картографска пројекција и координатна мрежа,
- размера карте,
- оквир и формат карте и
- подела на листове и њихово означавање (номенклатура).

Математичке елементе карте проучава **математичка картографија**.

2.1 Земља и њени модели

Карта није проста слика Земљине површи, већ представља њену слику конструисану на основу одређених математичких законитости којима се успоставља аналитички однос између стварности (нпр. физичке површи Земље) и њене слике односно модела (у равни).

Захваљујући томе, карта даје не само увид у реалан у однос између објеката и појава који су приказани, већ омогућава и његово квантификовање: апсолутно и релативно позиционирање (са карте и на карту), мерење дужина, углова, површина, висинских разлика, одређивања нагиба, догледања, итд.

Међутим, стварна, физичка површ Земље – дефинисана као површ која одваја тврд и течан површински део наше планете од њене атмосфере – због сложености свог облика није погодна за математичка рачунања, тј. не може се користити као референтна површ.

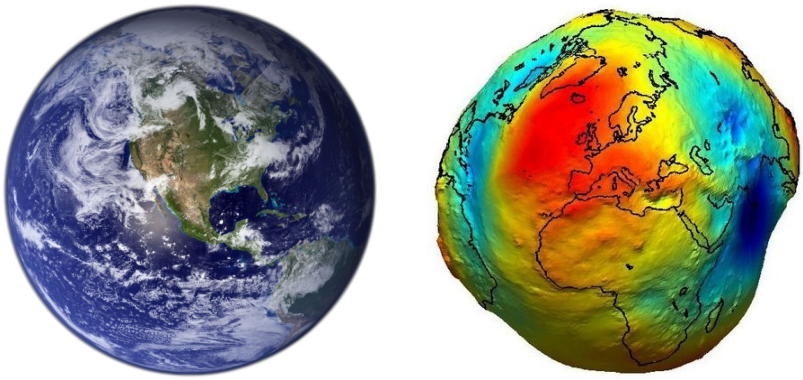
Научници су још од античког доба знали да наша планета има лоптаст облик. Веровање да се ради о идеалној лопти оспорили су крајем 17. века И. Њутн и К. Хајгенс[1] који су, независно један од другог и другим методама, дошли до истог (теоријског) закључка: да наша планета има облик обртног елипсоида, благо спљоштеног на половима. Педесетак година доцније, Француска академија наука предузела је геодетска мерења (Перуанска и Лапландска експедиција)[2], на основу којих је та теорија потврђена и доказана.

Даља геодетска истраживања облика и димензија Земље показала су да је облик наше планете само приближно облика обртног елипсоида. Немачки математичар и геодета К. Гаус[3] 1828. године уводи појам "математички облик Земље" под

[1] *Isaac Newton*, 1642–1727; Christian Huygens, 1629 –1695
[2] Перуанска експедиција 1735–1745, Лапландска експедиција 1736–1737
[3] *Johann Carl Friedrich Gauss*,1777–1855

којим подразумева облик који би површина океана, ослобођена утицаја плиме и осеке, замишљено продужена испод континената, попримила под утицајем силе Земљине теже. То је површ која је у свакој својој тачки управна на правац силе Земљине теже (тј. **еквипотенцијална, нивоска, "водоравна" површ**), на чији облик битно утиче расподела маса унутар и на површи Земље. Немачки математичар Ј. Листинг[4] је 1873. године том облику дао назив *геоид* (од грчких речи *ге* (γη) у значењу Земља и *еидос* (εἶδος) у значењу облик.

> Геоид у геодезији, геофизици и сродним наукама има велики практични и теоријски значај; изучава се у вишој геодезији и теоријској геодезији.



Слика 2-1: Земља из свемира (лево) и геоид (десно) (https://www.nasa.gov/)

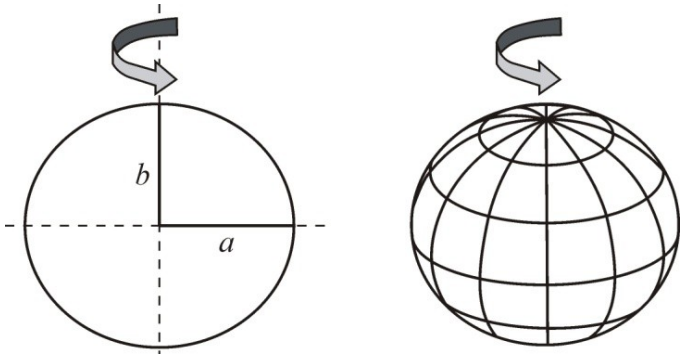
Међутим, иако глатка, површ геоида је таласаста и геометријски неправилна површ (уз то и несиметрична у односу на осу ротације), па се не може аналитички изразити коначним бројем параметара, што значи да се **не може користити** као рачунска, референтна површ.

Зато се у геодезији и картографији као референтна површ користи тело које по облику највише наликује геоиду – обртни елипсоид. Али, не било какав обртни елипсоид: да би био погодан за апроксимацију Земље, елипсоид се дефинише тако да његови параметри што више одговарају димензијама

[4] *Johann Benedict Listing*, 1808 – 1882

и облику геоида. Тако дефинисан елипсоид се назива **Земљин елипсоид**.

> Обртни елипсоид је тело настало ротацијом елипсе око једне од оса; Земљин елипсоид настаје ротацијом елипсе (тзв. меридијанске елипсе) око краће (мале) осе, тј. спљоштен је на половима.



Слика 2-2: Обртни елипсоид

Елипсоид је геометријски потпуно дефинисан помоћу два параметра: велике (a) и мале (b) полуосе или помоћу једне од оса и спљоштености (f) која се дефинише помоћу једноставне релације[5]:

$$f = \frac{a - b}{a}$$

Земљин елипсоид мора испунити следеће захтеве:

- да се обртна оса елипсоида и Земљина оса поклапају
- да се геометријски центар елипсоида подудара са центром маса Земље
- да елипсоид има запремину једнаку запремини геоида и
- да збир квадрата одстојања површи елипсоида од геоида буде минималан

[5] За Земљин елипсоид важи $f \approx 1/298$

До података потребних за испуњење наведених услова долази се на основу одговарајуће дизајнираних геодетских, астрономских и гравиметријских мерења, као и разним техникама сателитске геодезије.

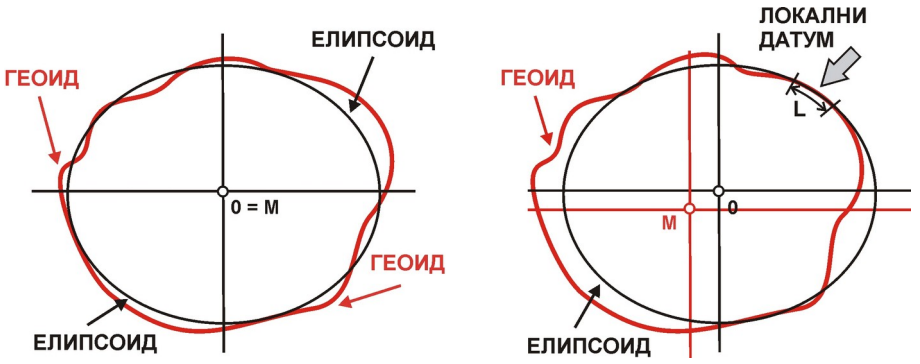
> Прво одређивање параметара Земљиног елипсоида је извршио П. Мопертју[6] 1738. године, а током 19. и 20. века су, коришћењем различитих најпре геодетских, а потом и гравиметријских мерења и њиховим комбиновањем, срачунати параметри *неколико стотина* Земљиних елипсоида, попут нпр. Беселовог (1841) који се и данас користи у Србији, Хајфордовог (1909), Красовског (1940), итд.

Да би служио као референтна основа, Земљин елипсоид са усвојеним параметрима се мора на одређени начин **позиционирати** у телу Земље. Најприродније је да се позиционира у складу са наведеним захтевима, као **општи Земљин елипсоид**. Но, то у прошлости није било могуће остварити довољно прецизно, све до развоја сателитске геодезије. Уз то, површ геоида и најбоље прилагођеног елипсоида се на океанима добро подударају, али на копну те разлике могу да износе више десетина метара, чак и више од стотину, па се мерења сведена на геоид морају егзактно пројектовати на елипсоид, што такође није било могуће извршити довољно тачно све до краја 20. века.

Зато је одабрани Земљин елипсоид оријентисан **локално**, тако да се најбоље прилагоди облику геоида на мањем делу територије (обично територији једне државе) и да као рачунска површ служи **само за ту територију** (тзв. локални геодетски датум)[7].

[6] *Pierre Louis Moreau de Maupertuis*, 1698 –1759

[7] У старијој литератури (а понекад и данас) се користе појмови *референц елисоид* и *референтни елипсоид*. То је сваки елипсоид на који се геодетска мерења своде и обрађују.



Слика 2-3: Опште и локално оријентисан Земљин елипсоид

Локално позиционирање је остваривано тако што се у претходно изравнатој државној тригонометријској мрежи 1. реда (срачунате дефинитивне вредности свих углова и дужина у мрежи, без координата) бирала једна тачка (обично у центру мреже) на којој би се извршила астрономска мерења: ширине, дужине и азимута једне стране.

Вредности измерене у тој, тзв. **фундаменталној тачки триангулације**, проглашаване су за геодетске (као да се односе на елипсоид, а не на геоид) и од њих **почињало рачунање координата осталих тачака** у мрежи (одређује се једна по једна тачка, решавањем 1. и 2. главног геодетског задатка).

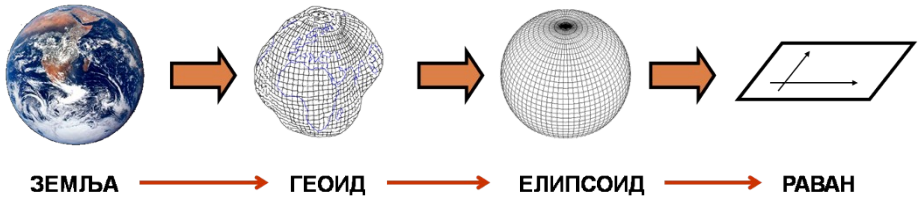
> Грешке астрономског позиционирања на прелазу из 19. у 20. век су износиле око 0,1 до 0,2 лучне секунде, што значи да апсолутни положај фундаменталне тачке може бити погрешан неколико метара. Толико је погрешан и положај мреже на елипсоиду (мрежа "плива" тих неколико метара), али релативна тачност – однос међу тачкама триангулације – остаје сачуван.

Осим тога, усвајано је да је висина фундаментале тачке триангулације над елипсоидом једнака њеној висини над геоидом; у њој се, дакле, **елипсоид и геоид подударају** (на дубини једнакој надморској висини тачке). Тако је рађено због основане претпоставке да ће се, са удаљавањем од фундаменталне тачке, површи геоида и елипсоида постепено раздвајати и да ће ундулација (надвишавање геоида) на крајњим тачкама мреже – на државној граници – износити неколико метара. У том случају, геодетска мерења

редукована на геоид се могу узети као да су редукована на елипсоид, а да се не наруши тачност мерења која се остваривала у то доба.

> Локални датуми су одлично задовољавали геодетске и друге потребе на националној територији. Међутим, разлика у координатним почецима локалних датума, грешке мерења у фундаменталним тачкама и различити елементи референтних елипсоида (вредности мале и велике полуосе) понекад су доводиле до проблема картографског континуитета, тј. до неуклапања садржаја карата на националним границама (односно границама територије на којима је премер вршен у различитим датумима). На пример, наша тригонометријска мрежа је померена на исток за неких 15-20 лучних секунди, (око 500 метара). Проблем је решаван графички, тј. уклапањем географског садржаја карата, а трајно је превладан тек са увођењем GPS технологије и општих (глобалних, светских) референтних система.

Дакле, да би карта била слика стварности конструисана на основу математичких законитости и имала својство мерљивости, неопходно је спровести следећи поступак: мерења извршена на физичкој површи Земље се редукују на геоид, са геоида на Земљин елипсоид, а са елипсоида, поступком картографског пројектовања, у раван. Код локално оријентисаних елипсоида се може сматрати да су мерења сведена на геоид уједно сведена на елипсоид.



Слика 2-4: Прелаз са физичке површи Земље у раван пројекције

> Картографија се не бави пројектовањем тачака са физичке површи Земље на елипсоид. То је задатак више геодезије и сродних дисциплина од којих картографија преузима резултате. Картографија се бави пројектовањем тачака са елипсоида и лопте у раван и обрнуто.

С обзиром на чињеницу да је Земљин елипсоид благо спљоштен на половима – разлика екваторијалног и поларног

пречника Земљиног елипсоида износи свега око 43 km, тј. око 0,3% – он се у многим применама може апроксимирати **лоптом одговарајућег радијуса**. Тиме се рачунања значајно поједностављују (лопта је дефинисана само једним параметром, радијусом), а грешка која се при томе прави је занемарљива за карте у размерама ситнијим од 1: 1 000 000.

Табела 2-1: Елементи и параметри неких Земљиних елипсоида

Назив	**Година**	**a**	**b**	**1 / *f***
Maupertuis	1738	6 397 300	6 363 806,283	191
Everest	1830	6 377 276,345	6 356 075,415	300,801726
Bessel	1841	6 377 397,155	6 356 078,963	299,152813
Clarke	1880	6 378 249,145	6 356 514,967	293,466308
Hayford	1924	6 378 388	6 356 911,946	297
Krasovski	1940	6 378 245	6 356 863,019	298,3
GRS	1980	6 378 137	6 356 752,3141	298,257222
WGS 84	1987	6 378 137	6 356 752,314	298,2572235

Радијус такве лопте се обично рачуна као аритметичка средина полуоса Земљиног елипсоида:

$$R=\frac{a+a+b}{3}$$

или као радијус лопте која има исту запремину као и елипсоид:

$$R=\sqrt[3]{a^2 b}$$

GRS80 (Geodetic Reference System 1980) и *WGS84 (World Geodetic System 1984)* су најпознатији представници референтних модела Земље који скупом константи и параметара описују облик и

величину Земље, као и њено поље силе теже и геомагнетско поље.

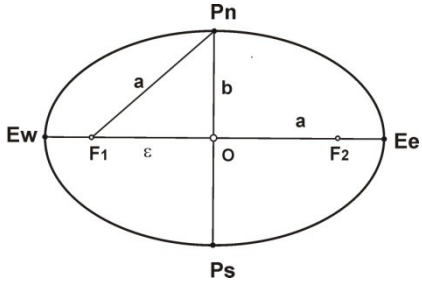
То више нису само геометријски модели – бесконачно танке љуске настале ротацијом елипсе око краће осе – већ имају масу једнаку маси Земље (укључујући и масу њене атмосфере), распоређену у слојевима чија густина расте са дубином, као код Земље.

Последица тога је да такви системи имају властито поље силе теже и постају нивоски елипсоиди. Уз то, они су тако позиционирани у односу на Земљу да служе и као општи (глобални) референти системи за позиционирање и навигацију.

2.2 Карактеристичне линије и равни на елипсоиду и лопти

У геодезији и картографији се под обртним Земљиним елипсоидом подразумева геометријско тело настало ротацијом елипсе око њене краће осе.

Карактеристичне тачке и елементи ове елипсе су:



Слика 2-5: Елипса и карактеристичне тачке

a – велика полуоса

b – мала полуоса

O – центар

F1, F2 – жиже (фокуси)

$\varepsilon = F_1O = F_2O$ – линеарни ексцентрицитет елипсе

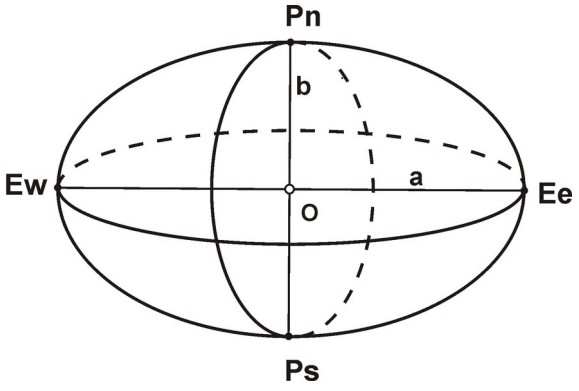
$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$ – први бројни ексцентрицитет

$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$ – други бројни ексцентрицитет

$a = \frac{a - b}{b}$ – прва спљоштеност

$\alpha = \frac{a - b}{b}$ – друга спљоштеност

Ротацијом те елипсе око њене краће осе настаје бесконачно танка љуска – елипсоид.



Слика 2-6: Ротацијски елипсоид

2.2.1 Меридијани и паралеле

Меридијани и паралеле су замишљене линије које чине основу географског координатног система.

Равни које пролазе кроз обртну осу називају се меридијанске равни. Оне површ елипсоида секу дуж елипси које се називају меридијанске елипсе. Половине меридијанских елипси од једног пола до другог пола називају се меридијанске полуелипсе, или краће, **меридијани**.

Један од меридијана се усваја као **почетни** и у односу на њега се одређују остали меридијани.

Равни управне на обртну осу секу површ елипсоида по круговима који се називају паралелни кругови, или краће, **паралеле**. Раван управна на обртну осу која пролази кроз центар елипсоида назива се екваторијална раван.

Она пресеца елипсоид по највећем паралелном кругу, који се назива **екватор.**

Слика 2-7: Меридијани, паралеле и њихова мрежа

Меридијани и паралеле се пресецају под правим углом и чине географску мрежу која служи за позиционирање тачака на елипсоиду или лопти (детаљније објашњење је дато у поглављу о координатним системима).

2.2.2 Геодетска линија и ортодрома

Геодетска линија је, по дефиницији, крива на некој површи у чијој се свакој тачки главна нормала криве поклапа са одговарајућом нормалом на површ.

Главна карактеристика геодетске линије је да представља најкраћу линију која повезује две задате тачке на било којој аналитички одређеној површи, па, дакле и на елипсоиду.

У равни је геодетска линија правац, а на лопти то је краћи лук великог круга (круга чији је радијус једнак радијусу лопте). У математичкој картографији се за најкраћу удаљеност између

две тачке на лопти, тј. за лук великог круга, уместо термина геодетска линија користи термин **ортодрома**.

> Назив ***геодетска линија*** потиче од познатог француског математичара А. М. Лежандра[8], који је тако назвао најкраћу линију која спаја две тачке на ротационој површи.

Друга важна карактеристика геодетске линије на елипсоиду је следећа: за сваку тачку геодетске линије производ радијуса паралеле односне тачке и синуса азимута геодетске линије у тој тачки је константан, тј:

$$r = \sin\alpha = const = C$$

Ово је *Клероова једначина* геодетске линије, названа по француском математичару, астроному и физичару који је открио ово њено својство .

Анализом Клероове једначине долазимо до два важна закључка.

За тачке на меридијану азимут α једнак је 0° или 180°, па је увек $\sin\alpha = 0$, тако да је, без обзира на то што се r дуж меридијана непрестано мења, производ увек једнак нули:

$$r = \sin\alpha = 0$$

Одатле следи први закључак: <u>сви меридијани су геодетске линије</u>.

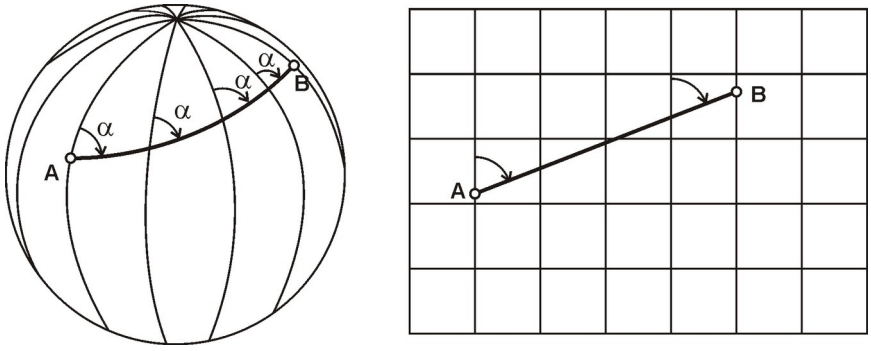
За тачке на екватору азимут α једнак је 90° или 270°, па је $\sin\alpha = +1$ или $\sin\alpha = -1$. Како је радијус екватора $r = a$, за све тачке екватора производ $r \cdot \sin\alpha$ је или $+a$ или $-a$, из чега следи други закључак: <u>екватор је геодетска линија.</u>

Остале паралеле, међутим, нису геодетске линије.

[8] *Adrien-Marie Legendre*, 1752–1833

2.2.3 Локсодрома

Крива на површи Земљине лопте која све меридијане сече под истим углом (једнаким азимутом) назива се **локсодрома**.



Слика 2-8: Локсодрома на лопти и у Меркаторовој пројекцији

> Може се показати да је локсодрома спирална крива која бесконачно много пута обилази око Земље пресецајући меридијане под истим углом, приближавајући се полу као асимптотској тачки, тј. никад га не достиже.

Ово својство је чини подесном за навигацију, јер омогућава да се по њој путује (плови или лети) са константним курсом.

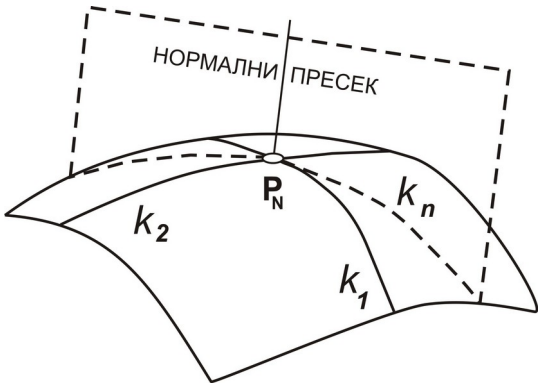
> Иако је путовање по ортодроми краће и јефтиније, оно захтева стално праћење и промену курса (јер велики кругови секу меридијане под различитим угловима), што у прошлости није било лако остварити у реалним условима навигације. Пуно је лакше било да се заузме неки стални курс, а да се током путовања повремено, врши провера положаја и, по потреби, корекција курса. Тим потребама навигације су биле прилагођене и поједине картографске пројекције – Меркаторова, на пример, код које се меридијани, паралеле и локсодрома пресликавају као праве линије.

Савремени навигациони системи почивају на *GPS/GNSS* позиционирању, тако да се пловидба (летење) може увек планирати и вршити по ортодроми.

2.2.4 Нормални пресеци

Кроз нормалу неке тачке на елипсоиду може се поставити бесконачно много равни, а свака од њих ће сећи елипсоид по линији коју називамо **нормални пресек**.

Између безброј нормалних пресека постоје два карактеристична пресека који се називају **главни нормални пресеци**.



Слика 2-9: Нормални пресеци

Главни нормални пресеци су:

- **пресек *по меридијану***, који образује раван која осим нормале садржи и обртну осу (на слици k_1; у општем случају, пресек је меридијанска елипса)
- **пресек *по првом вертикалу***, који образује раван која садржи нормалу тачке, а управна је на раван меридијана разматране тачке (на слици k_2; у општем случају такође елипса); дакле, азимут првог вертикала износи 90° или 270°

Нормални пресеци имају различите радијусе кривина. Може се показати да у свакој тачки елипсоида радијуси кривина главних нормалних пресека имају екстремне вредности: радијус кривине по меридијану је најмањи, а радијус кривине по првом вертикалу највећи.

Радијус кривине нормалног пресека **по меридијану**:

$$M = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^3}}$$

Радијус кривине нормалног пресека **по првом вертикалу**:

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}}$$

Радијус кривине косог нормалног пресека **у произвољном азимуту** α:

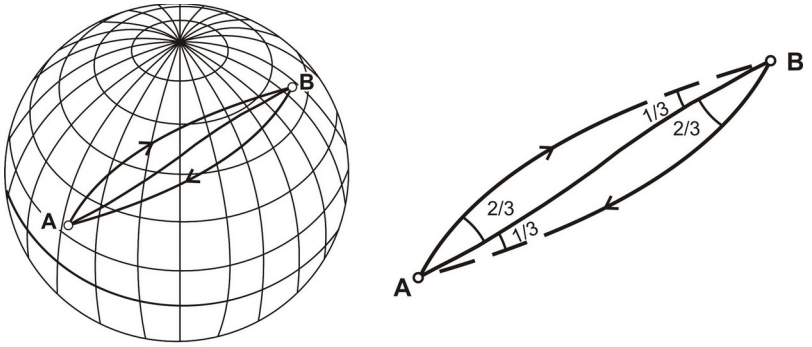
$$R_\alpha = \frac{MN}{N \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

Средњи радијус кривине, тј. средња вредност радијуса кривина свих нормалних пресека (у интервалу од 0 до 2π):

$$R_0 = \sqrt{M \cdot N} = \frac{a \cdot \sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$$

Радијус кривине **паралеле**: $r = N \cos\varphi$

У општем случају, нормални пресек тачке А који садржи тачку В на елипсоиду се не подудара са нормалним пресеком тачке В која садржи тачку А. Та појава се назива *двојност нормалних пресека*. Нормални пресеци се подударају само када су обе тачке на истом меридијану или на истој паралели, јер се само у тим случајевима нормале тачака налазе у истој равни.



Слика 2-10: Двојност нормалних пресека и геодетска линија

Оно што треба уочити је да се геодетска линија између тачака А и В на елипсоиду увек налази између нормалног пресека са А на В и нормалног пресека са В на А. Може се показати да геодетска линија дели угао између два нормална пресека на крајњим тачкама у односу 1:2 и да је ближа тачки чија нормала формира нормални пресек.

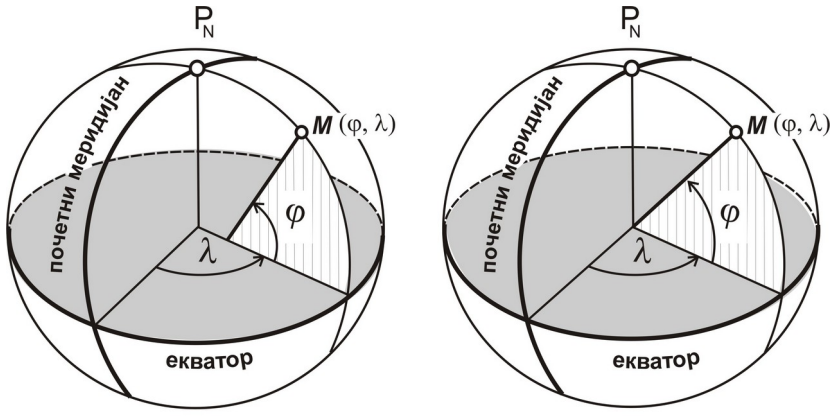
Ово својство се користи у вишој геодезији за превазилажење последица двојности нормалног пресека, тако што се опажани правци и азимути своде на геодетску линију.

2.3 Координатни системи у картографији

Координатни систем је систем је тачака, линија или површина, који служи за једнозначно дефинисање положаја неке тачке у простору датих димензија (1Д, 2Д, 3Д...), помоћу одговарајућих вредности – координата.

У картографији се користи неколико координатних система, али овом приликом ће се приказати само географски и правоугли просторни координатни систем (као и њихова веза), јер се други користе у специфичним применама у математичкој картографији или су, попут правоуглог и поларног координатног система у равни, општепознати.

За дефинисање **географског** (геодетског, елипсоидног) **координатног система** користе се меридијани и паралеле. У том систему положај тачке M на елипсоиду је одређен географском ширином (латитудом) φ и географском дужином (лонгитудом) λ, израженим у лучној мери (основна јединица степен, мање јединице минута и секунда, у сексагезималној подели).

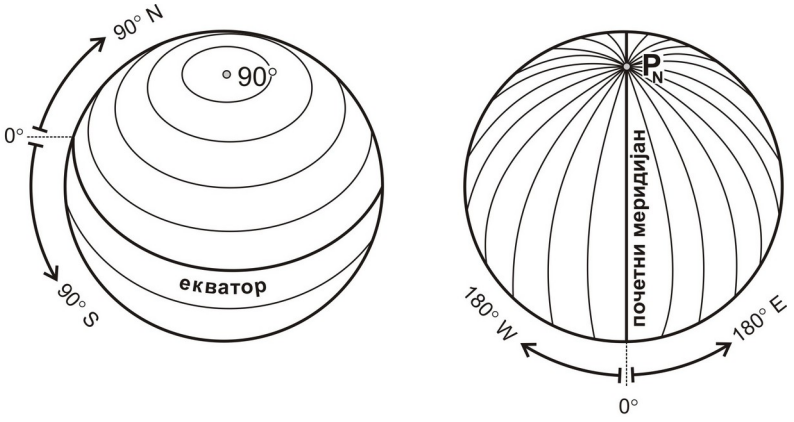


Слика 2-11: Географски координатни систем на елипсоиду (лево) и лопти (десно)

Географска ширина или латитуда (φ) тачке M је угао који образује нормала у тој тачки са равни екватора. Разликујемо *северну географску ширину* (N) која се пружа од екватора (0°) до северног пола (90°) и *јужну географску ширину* (S), која се пружа пружа од екватора (0°) до јужног пола (90°), тј.:

Екватор (0°) < $\varphi \leq$ N (90°) – северна географска ширина

Екватор (0°) < $\varphi \leq$ S (90°) – јужна географска ширина



Слика 2-12: Географска ширина и географска дужина

Географска дужина или лонгитуда (λ) тачке M је угао који образује меридијанска раван тачке M са равни почетног (нултог) меридијана. Разликујемо *источну географску дужину* (E) која се пружа од меридијана који је усвојен као почетни (0°) на исток до његовог антимеридијана (180°), односно *западну географску дужину* (W) која се пружа од почетног меридијана (0°) на запад, такође до антимеридијана (180°).

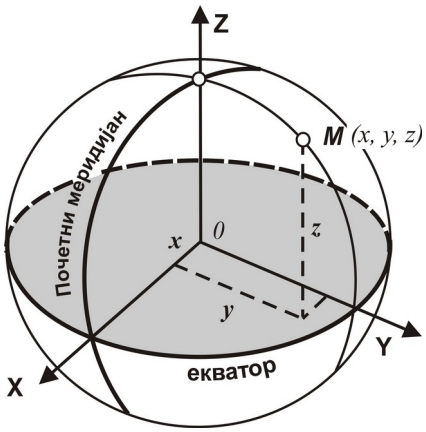
Почетни меридијан (0°) < $\lambda \leq$ 180° E – источна географска дужина

Почетни меридијан (0°) < $\lambda \leq$ 180° W – западна географска дужина

Који се меридијан усваја за почетни и како се дефинише, ствар је договора на националном и/или међународном нивоу. Гринички меридијан је као почетни усвојен на Међународној меридијанској конференцији одржаној у Вашингтону 1884. године. У Краљевини Србији је коришћен Париски почетни меридијан, а на Гринички се прелазило поступно током неколико наредних деценија, све до средине 20. века када је Гринички меридијан постао општеприхваћен, и у свету и у Србији.

Екваторска раван дели Земљину лопту на северну и јужну хемисферу, а меридијанска раван почетног меридијана на источну и западну хемисферу.

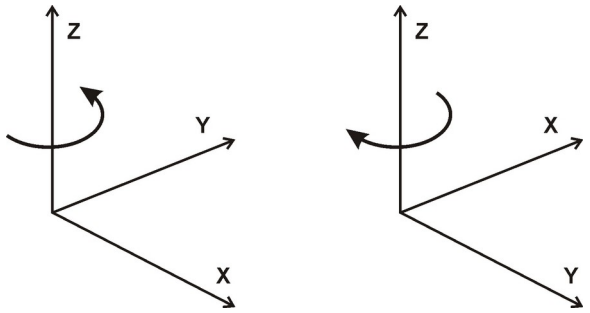
Други важан координатни систем је **правоугли просторни координатни систем**, у коме је положај тачке M дефинисан помоћу три координате, тј. M (x, y, z).



Слика 2-13: Правоугли просторни координатни систем

Исходиште овог координатног система (0) се налази у центру елипсоида (лопте), Z–оса се поклапа са обртном осом, X–оса лежи у равни екватора и пролази кроз почетни меридијан, док се Y–оса налази такође у равни екватора тако да са X–осом заклапа прав угао.

Уколико се прав угао рачуна од X–осе у правцу супротном кретању казаљке на сату (као на слици), онда је систем десно оријентисан, а уколико се рачуна у правцу кретања казаљке на сату, онда је систем лево оријентисан.



Слика 2-14: Десно и лево оријентисано координатни систем

Пошто је правоугли просторни координатни систем својом дефиницијом повезан са Земљиним елипсоидом, координате тачака изражене у једном систему је могуће конвертовати у други систем. У формулама за конверзију које следе додата је, ради општости, и трећа координата: висина тачке над елипсоидом (*h*), која се у применама у математичкој картографији ретко користи. За тачке које се налазе на површи елипсоида, у овим формулама се узима $h = 0$, а за тачке које се налазе на површи лопте је и $N = R$, где је R – радијус Земље.

конверзија $(\varphi, \lambda, h) \rightarrow (x, y, z)$

$$x = (N + h)\cos\varphi\cos\lambda$$
$$y = (N + h)\cos\varphi\sin\lambda$$
$$z = [N(1 - e^2) + h]\sin\varphi$$

конверзија $(x, y, z) \rightarrow (\varphi, \lambda, h)$[9]

$$\varphi = \arctan\frac{z + e'^2 b\sin^3\theta}{p - e^2 a\cos^3\theta}$$

$$\lambda = \arctan\frac{Y}{X}$$

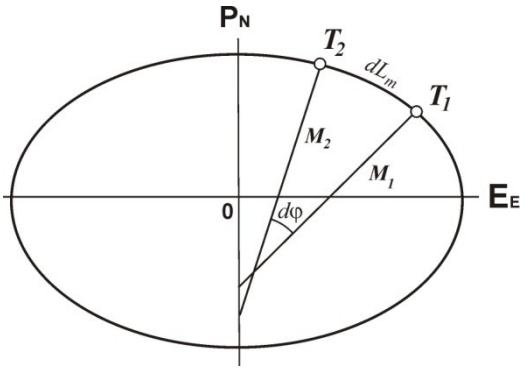
$$h = \frac{p}{\cos\varphi} - N$$

[9] За рачунање латитуде φ је примењен тзв. директан поступак, којим се конверзија врши са тачношћу довољном за радове у математичкој картографији; за већу тачност би требало користити итеративни поступак.

где је: $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}; e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}; p = \sqrt{x^2 + y^2};$

$$e' = \sqrt{\frac{a^2}{b^2} - 1}; \quad \varphi = \arctan \frac{za}{pb}$$

2.4 Рачунање дужине лука меридијана



Слика 2-15: Лук меридијана

Узмимо на меридијану неког елипсоида две произвољно блиске тачке T_1 и T_2, чије су ширине φ_i и $\varphi_i + d\varphi_i$. Нормале у овим тачкама, односно радијуси кривина меридијанског лука M_1 и M_2, заклапаће угао $d\varphi$. Бесконачно мали део меридијанског лука биће:

$$dL_m = M \cdot d\varphi$$

До коначне једначине за рачунање дужине лука меридијана се долази интеграњем овог израза (и решавањем добијеног елиптичког интеграла у ред):

$$L_m = a \cdot (1 - e^2) \cdot \left[\frac{a}{\rho}(\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{B}{2}(\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) + \frac{C}{4}(\sin 4\varphi_2 - \sin 4\varphi_1) - \frac{D}{6}(\sin \right.$$

$$A = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{175}{256}e^6 + \ldots$$

$$B = \frac{3}{4}e^2 + \frac{15}{16}e^4 + \frac{525}{512}e^6 + \ldots$$

$$C = \frac{15}{64}e^4 + \frac{105}{256}e^6 + \ldots$$

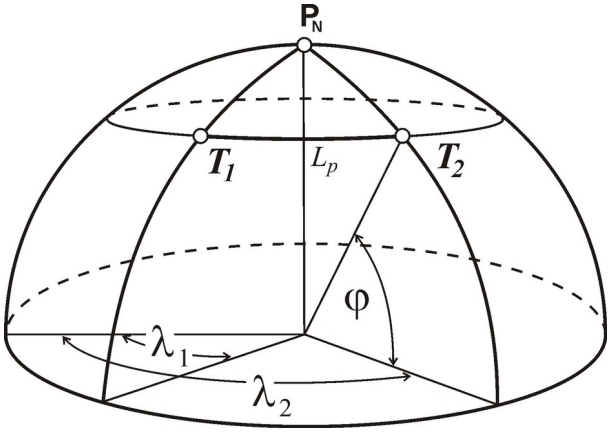
$$D = \frac{35}{512}e^6 + \ldots$$

Очигледно, ова формула је прилагођена рачунањима пре појаве рачунара, јер омогућава да се вредности за A, B, C и D срачунају за конкретан елипсоид (односно за конкретну вредност ексцентрицитета e) и да се потом користе као константе за рачунања на датом елипсоиду; елипсоиду; данас се користе и други облици.

Када је реч о **лопти**, две тачке на истом меридијану се налазе на полукружници радијуса R, па је дужина лука између њих једнака:

$$L_m = R \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)$$

2.5 Рачунање дужине лука паралеле



Слика 2-16: Лук паралеле

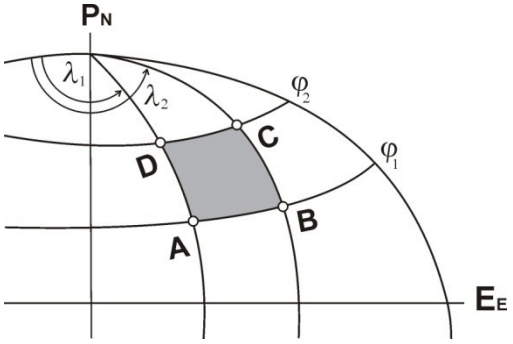
Паралела на елипсоиду је кружница радијуса $r = N\cos\varphi$. Ако се на њој налазе две тачке, тачка T_1 са географском дужином λ_1 и тачка T_2 са географском дужином λ_2, дужина лука паралеле између тих тачака је:

$$L_p = r \cdot (\lambda_2 - \lambda_1) = N\cos\varphi \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)$$

Паралела на **лопти** радијуса R је кружница радијуса $r = R\cos\varphi$. Дужина лука паралеле на лопти између две тачке је:

$$L_p = R\cos\varphi \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)$$

2.6 Рачунање површине трапеза



Слика 2-17: Елипсоидни (сфероидни) трапез

У математичкој картографији се под елипсоидним или сфероидним трапезом подразумева површ ограничена са два меридијана и две паралеле.

Општа формула за рачунање површине трапеза на елипсоиду, ограниченог меридијанима са дужинама λ_1 и λ_2 и паралелама φ_1 и φ_2, гласи:

$$P = 2b^2 \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)^0}{\rho^0} = \left[A \sin\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right] \cos\varphi_m - B \sin\frac{3}{2}(\varphi_2 - \varphi_1) \cos 3\varphi_m +$$

$$+ C \sin\frac{5}{2}(\varphi_2 - \varphi_1) \cos 5\varphi_m - D \sin\frac{7}{2}(\varphi_2 - \varphi_1) \cos 7\varphi_m + \ldots$$

где су:

$$\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

$$b^2 = a^2(1 - e^2)$$

$$A = 1 + \frac{e^2}{2} + \frac{3}{8}e^4 + \frac{5}{16}e^6 + \ldots$$

$$B = \frac{e^2}{6} + \frac{3}{16}e^4 + \frac{3}{16}e^6 + \ldots$$

$$C = \frac{3}{80}e^4 + \frac{4}{16}e^6 + \ldots$$

$$D = \frac{1}{112}e^6 + \ldots$$

И ова је формула прилагођена рачунањима пре појаве рачунара, јер омогућава да се вредности за A, B, C и D срачунају за конкретан елипсоид (односно за конкретну вредност ексцентрицитета e) и да се потом користе као константе за рачунања на датом елипсоиду; данас се користе и други облици.

Рачунање површине трапеза **на лопти**, ограниченог меридијанима са дужинама λ_1 и λ_2 и паралелама φ_1 и φ_2, се врши према:

$$P = 2R^2 \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)''}{\rho''} \sin\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \cos\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}$$

2.7 Размера као математички елемент карте

2.7.1 Општа и делимична размера

У општем смислу, под појмом *размера* подразумева се однос две величине изражене истим мерним јединицама.

При срачунавању картографских пројекција, површ обртног елипсоида или лопте претходно се замишљено смањује у неком, унапред задатом односу и потом приказује на раван. Сталан однос смањивања:

$$R = 1 : M = \frac{1}{M}$$

назива се **главна** (општа) **размера**, или, просто **размера карте** и обично се уочљиво исписује на карти.

Бројилац у изразу односи се на јединицу дужине, што значи да једној јединици на карти одговара *M* дужинских јединица на елипсоиду или лопти (нпр. 1 cm на карти = *M* cm у природи). Величина *M* се назива *бројна размера*, *именитељ размере* или *фактор размере*.

Главном размером се изражава однос смањивања линијских елемената (дужина), отуда и назив *размера линијских елемената*.

С обзиром да се закривљена површ елипсоида (лопте) не може развити у раван без деформација, главна размера остаје сачувана само дуж појединих карактеристичних линија или у појединина појединим тачкама слике. У осталим тачкама на подручју пресликавања она ће се разликовати од главне размере.

Ту размеру, другачију од главне, називамо **делимичном (местимичном) размером.**

> Код многих крупноразмерних карата разлике главне и делимичне размере су испод граница тачности мерења дужина на карти, па се могу занемарити приликом мерења на карти. Међутим, на картама веома ситних размера, могу се дуж појединих праваца картографске мреже појавити велике деформације дужина. Да би се и ове карте могле употребљавати за одређивање растојања са тачношћу која задовољава практичне потребе, примењују се одговарајући номограми размера и деформација, на основу којих се у мерене дужине уводе одговарајуће поправке.

2.7.2 Линеарна размера

Променљивост размере представља главни недостатак карте. Због ње су неки делови карте тачнија, а други мање тачна слика Земљине површи. Но, распоред и величина линеарних деформација могу се користити као показатељ квалитета

пројекције: што су линеарне деформације мање и што је већа територија за коју то важи, то је пројекција тачнија.

С тим у вези, уводи се појам **линеарне размере** (линеарног модула) *c*, који представља однос диференцијално мале дужи у пројекцији *dS* према одговарајућој дужи на елипсоиду (лопти) *ds*, тј:

$$c = \frac{dS}{ds}$$

Очигедно, *c* ће имати вредност већу или мању од јединице, осим у случају када приликом пресликавања није дошло до промене диференцијално мале дужи *ds*, тј. када је *c* = 1. Овако срачуната размера, за разлику од главне размере, може послужити као мера којом се изражава деформација дужина.

Одступање размере с од јединице назива се **линеарном деформацијом** или **деформацијом дужина**:

$$d_c = c - 1$$

Ако то уврстимо у претходну једначину, добијамо:

$$d_c = \frac{dS}{ds} - 1 = \frac{dS - ds}{ds}$$

Бројилац овог израза је тзв. *апсолутна линеарна деформација*, а израз у целини, тј. d_c, представља *релативну линеарну деформацију* – неименован број, којим се изражава однос укупне деформације према респективној дужини.

Веома је значајно да се вредности линеарне размере за жељене тачке и правце, могу срачунати по одговарајућим формулама.

Применом диференцијалне геометрије, долази се до **опште једначине линеарне размере:**

$$c^2 = \frac{E}{M^2}\cos^2\alpha + \frac{F}{Mr}\sin 2\alpha + \frac{G}{r^2}\sin^2\alpha$$

где су:

M – радијус кривине по меридијану

r – радијус паралеле

α – азимут линијског елемента

док су:

$$E = \left(\frac{\partial X}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial \varphi}\right)^2 ; \quad F = \frac{\partial X}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial X}{\partial \lambda} + \frac{\partial Y}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial Y}{\partial \lambda} ; \quad G = \left(\frac{\partial X}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial \lambda}\right)^2$$

тзв. Гаусове основне (фундаменталне) величине првог реда.

На основу опште једначине линеарне размере закључујемо да је размера, у општем случају, променљива величина јер зависи од три променљиве величине: координата φ и λ и азимута α. То даље значи да се линеарна размера не мења само **од тачке до тачке** (φ_i, λ_i), већ **и у истој тачки**, у зависности од азимута линеарног елемента (α_i).

Према томе, главном размером се изражава само жељени или оптимални однос смањивања, док је у стварности размера променљива не само од тачке до тачке, **већ и у разним правцима око исте тачке**.

2.7.2.1 Размера у правцу меридијана (m) и паралела (n)

Када у општу једначину линеарне размере:

$$c^2 = \frac{E}{M^2}\cos^2\alpha + \frac{F}{Mr}\sin 2\alpha + \frac{G}{r^2}\sin^2\alpha$$

уврстимо азимут меридијана (α = 0°), добијамо размеру у правцу меридијана *m*:

$$c^2 = m^2 = \frac{E}{M^2} \Rightarrow m = \frac{\sqrt{E}}{M}$$ за елипсоид,

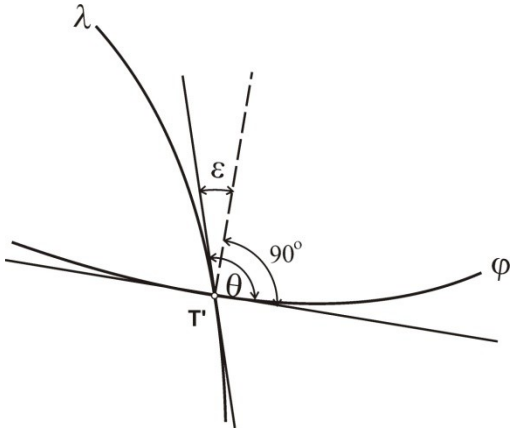
док је $m = \frac{\sqrt{E}}{R}$ за лопту.

Ако у исту једначину уврстимо азимут паралеле (λ = 90°), добијамо размеру у правцу паралеле *n*:

$$c^2 = n^2 = \frac{G}{r^2} \Rightarrow n = \frac{\sqrt{G}}{r},$$

где је $r = N\cos\varphi$ на елипсоиду, а $r = R\cos\varphi$ на сфери.

Меридијани и паралеле се на елипсоиду секу под углом од 90°, а у пројекцији, у општем случају, под углом θ. Разлика $\varepsilon = \theta - 90°$ представља, дакле, деформацију овог угла насталу у процесу пресликавања.



Слика 2-18: Деформација угла пресека меридијана и паралела

Сада се може, без извођења, дати општа једначина размере изражене на основу размере по меридијану и паралели (*m* и *n*), као и угла *θ* који заклапају њихове слике:

$$c^2 = m^2 \cos^2\alpha + m \cdot n \cos\theta \sin 2\alpha + n^2 \sin^2\alpha$$

2.7.2.2 Главни правци

Линеарна размера се, како је наведено, у зависности од пројекције може мењати у свакој тачки са променом азимута. Природно је да нас у свакој тачки елипсоида занимају вредности размере у правцу меридијана (m) и паралеле (n), као и правци дуж којих размера има екстремне вредности у тој тачки.

Правци дуж којих линеарна размера у датој тачки елипсоида има екстремне вредности називају се ***главним правцима***; дуж првог главног правца (a) размера има *максималну* вредност, а дуж другог главног правца (b) размера има *минималну* вредност.

Може се показати да се главни правци на површи елипсоида (лопте) и у пројекцији **увек секу под правим углом**, за разлику од меридијана и паралела које се, у општем случају, секу **под неким углом** θ који може имати различите вредности.

Вредности размере m и n се рачунају на основу основне једначине линеарне размере: за размеру у смеру меридијана (m) се узима да је азимут α = 0°, а за размеру у смеру паралеле (n), α = 90°.

Вредности размера a и b се рачунају на основу размера по меридијанима и паралелама (m и n) и угла између њих (θ), применом тзв. Аполонијевих[10] теорема:

$$a^2 + b^2 = m^2 + n^2$$
$$a \cdot b = m \cdot n \cdot \sin\theta$$

[10] Аполоније из Пергама (262. пне – 190. пне), антички математичар и астроном, са надимком Велики геометар.

Ако се познају износи размера дуж главних праваца (*a, b*) може се врло једноставно срачунати размера површина, као и деформације углова за односне тачке. Зато се при анализи квалитета картографских пројекција, односно при истраживању величине и распореда деформација, редовно срачунавају вредности екстремних размера *a* и *b* у карактеристичним тачкама пројекције.

2.7.2.3 Површинска размера

Аналогно дефиницији линеарне размере, површинска размера *p* представља однос диференцијално мале површине у пројекцији *dP* према одговарајућој површини на елипсоиду (лопти) *dp*, тј:

$$p = \frac{dP}{dp}$$

Очигледно, ако приликом пресликавања није дошло до промене диференцијално мале дужи dp, биће *p* = 1, а ако јесте, *p* ће имати вредност већу или мању од јединице. Овако срачуната размера може послужити као мера којом се изражава деформација површина.

Одступање размере *p* од јединице назива се **површинском деформацијом** или **деформацијом површина**, *dp*:

$$d_p = p - 1$$

Деформација површина може бити већа од нуле, једнака нули, или мања од нуле. За вредност *p* = 1 нема деформације површина (еквивалентно пресликавање).

Једначина размере површина, за случај пресликавања елипсоида је:

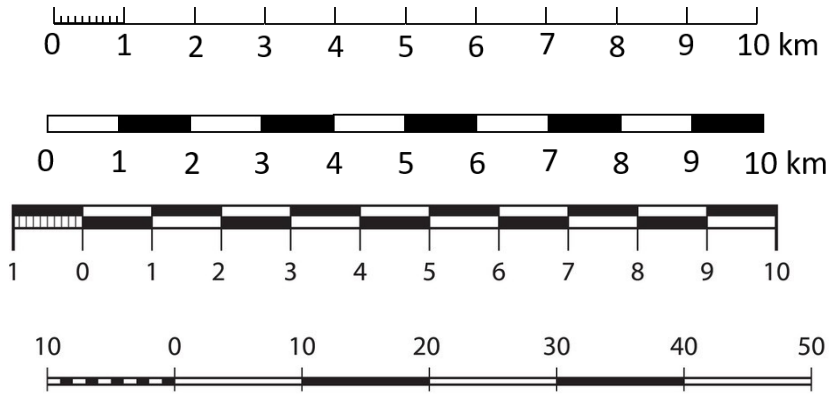
$$p = ab = mr \sin\theta = mr\cos\varepsilon$$

2.7.2.4 Обележавање размере на картама

У ваноквирном садржају сваке карте мора бити наведена (главна) размера; размера је главно обележје сваке карте. Користе се три начина обележавања размере: бројчано, графичко и у облику непосредног објашњења, а најчешће се користи комбинација два, па и сва три начина обележавања.

Бројчано обележавање размере се представља као операција дељења, у облику 1: 25 000 или као разломак, 1/25 000.

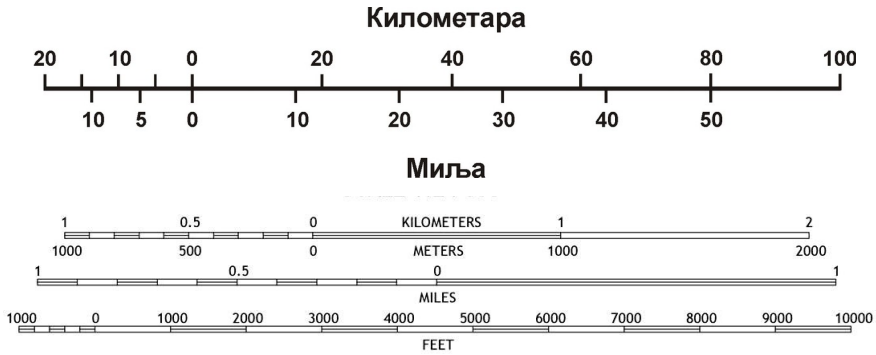
Графичко обележавање размере се врши помоћу тзв. размерника, на различите начине:



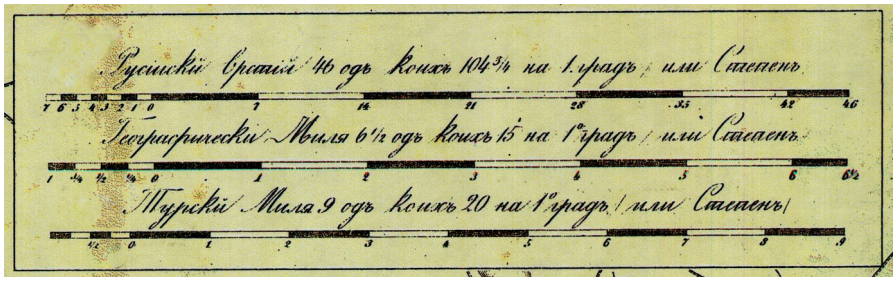
Слика 2-19: Графички размерници

Графички размерник омогућава претварање праволинијског растојања између две тачке у дужину у природи без мерења дужине на карти и рачунања: растојање између две тачке на карти се заузме шестаром (један крак у једну тачку, други крак у другу), па се шестар пренесе уз размерник и прочита заузета дужина.

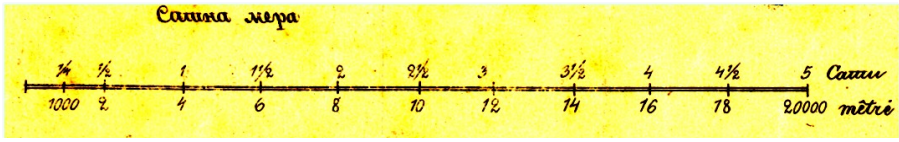
Графичко приказивања размере увек је везано за неку јединицу дужине, па се на неким картама дају два или више размерника, за више мерних јединица:



Слика 2-20: Графички размерници за више мерних јединица



Слика 2-22: Размерник Карте Кнежевине Србије Јована Бугарског ≈ 1: 350 000 из 1845. године,у руским врстама, географским миљама и турским миљама

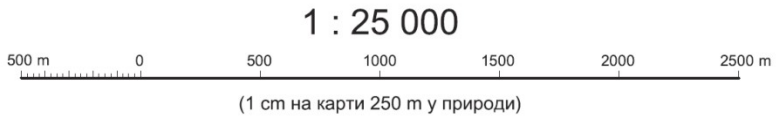


Слика 2-23: Размерник Карте Књажевачког округа Јеврема Марковића
1: 200 000 из око 1870. године, у сатима хода и метрима

Јединице се приказују у једнаким целобројним интервалима, од нуле до неке граничне вредности, коју картограф одређује у складу са проценом шта највише одговара кориснику карте. Понекад се графичком размернику додаје интервал који претходи првом интервалу, подељен на мање јединице, обично десете делове интервала. Тај интервал служи за прецизије мерење дужине: десни крак шестара се поставља на цели број размерника (нпр. 6 km) тако да леви крак падне

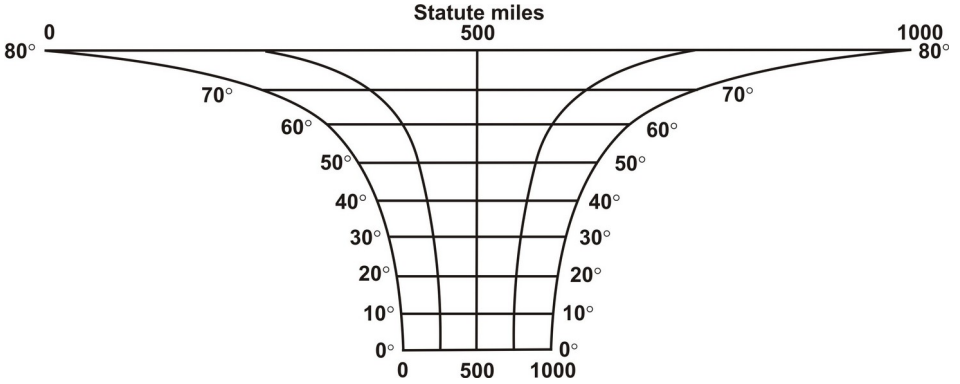
у интервал подељен на десете делове (нпр. на 3. од десет цртица) и изврши читање (у наведеном примеру: 6,3 km).

Обележавање размере у виду **непосредног објашњења** се обично даје у комбинацији са једним или оба наведена начина обележавања:



Слика2-24: Комбиновано обележавање размере

Код географских карата врло ситних размера које обухватају веће делове земљине површи, могу постојати велике разлике између главне и делимичне размере дуж појединих праваца картографске мреже. Такве карте имају размернике у облику *номограма* који се користе у зависности од географског положаја мерене дужине.



Слика 2-25: Графички размерник у облику номограма за Меркаторову пројекцију

2.8 Оквир и формат карте

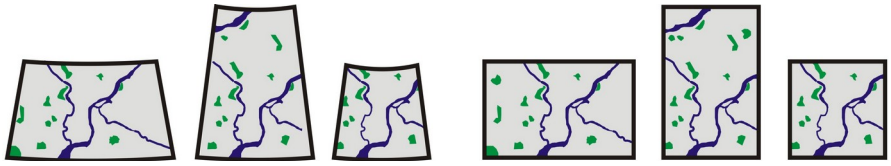
Карте се традиционално штампају и користе на листовима папира правоугаоног или квадратног облика одређених

димензија. Димензије листова су стандардизоване, а тим стандардима су прилагођене и машине за штампање.

Многе карте се штампају на једном листу папира одговарајућих димензија, на који се смештају географски садржај карте као и редакцијски и други подаци од значаја за корисника и издавача (наслов карте, подаци о размери, пројекцији, геодетској основи, издавачу, години издања, итд.).

Географски садржај се обично приказује унутар површине облика квадрата правоугаоника или трапеза, а ограничавају га или линије меридијана и паралела у пројекцији дате карте (*географски оквир*), или линије које нису у вези са пројекцијом карте (*правоугли оквир*). Те линије се на картама цртају уочљиво (подебљано или помоћу више паралелних линија) и тако формирају **оквир карте**[11].

> Не мора свака карта имати оквир; картирана територија може бити ограничена контуром произвољног облика или границом неке територијалне јединице. Такве карте обично немају нацртан оквир.



Слика 2-26: Географски (лево) и правоугли (десно) оквир карте: положен, усправан, квадратни

Дефинисањем оквира карте дефинисан је и формат карте. Формат (листа) карте чине: облик, оријентација и димензије оквира карте. Формат карте утиче на функционалност карте, нарочито код вишелисних карата.

Карте које приказују неко подручје у размери због које се оно не може приказати на једном листу, штампају се на више листова. То су **вишелисне карте**. На пример, топографске карте неке државе, које у датој размери могу имати и више

[11] Када се оквир црта помоћу више паралелних линија, линије најближе пољу карте формирају унутрашњи оквир, остале чине ванјски оквир.

стотина (па и више хиљада) листова у истој размери, истој пројекцији и са истим картографским знацима; могу се користити по одвојеним листовима или као мале целине од неколико суседних листова који се спајају лепљењем.

> Други пример су зидне карте које се такође деле на више листова, али из техничких разлога (пошто се тако велики формати папира и штампарске машине способне да штампају њима не производе), па се након штампања по листовима лепљењем повезују у једну целину.

Подела карте на листове је сложен задатак који утиче на коришћење карата, као и на њихову производњу, дистрибуцију и складиштење у штампаном облику. Њоме се утврђује положај и формат сваког поља листа карте у једној размери, у више размера или у целом *размерном низу*[12] који постоји за дато подручје. По извршеној подели на листове, сваки лист треба добија **номенклатурну ознаку** – јединствену ознаку која ће га једнозначно дефинисати у систему поделе на листове.

> Треба уочити да се под појмом „подела на листове“ подразумева подела на поља карте, не на листове карте који осим поља карте имају и маргине са редакцијским и другим подацима.

Ради лакшег сналажења корисника, подела листова се приказује на тзв. *прегледним листовима*, шематским приказима поделе карата на листове (у једној или више размера) са њиховим номенклатурама.

[12] Размерни низ чине карте исте територије у различитим размерама, рађене у сличном маниру; нпр. за територију Србије карте у размерама 1: 25 000, 1: 50 000, 1: 100 000 и
1: 200 000 (1: 250 000) чине размерни низ топографских карата.

Слика 2-27: Прегледни лист Ђенералштабне карте Краљевине Србије
1: 75 000 (крај 19. века)

Подела карте на листове се може извршити линијама географске координатне мреже, тј. линијама меридијана и паралела у пројекцији карте (*степенска подела*) или линијама правоугле координатне мреже (*правоугла подела*). У оба случаја се листовима одређује формат, тј. положај, облик, оријентација и димензије.

Степенска подела даје, у општем случају, листове облика трапеза променљивих линеарних димензија (у зависности од географског положаја листа), док **правоугла** даје листове облика квадрата или правоугаоника непромењивих димензија.

Приликом усвајања поделе карте на листове, прво се одлучује да ли ће подела бити степенска или правоугаона. И једна и друга имају предности и недостатке, па пресуђује намена карте, односно потребе (захтеви) корисника или наручиоца. Сматра се да је степенска подела универзалнија, али правоугла подела је функционалнија за крупне размере, поготово када се више суседних листова повезује у целину (јер оквир листа карте, за разлику од степенске поделе, чине праве линије). Но, смањивањем размере смањује се и њена функционалност, а повећава значај степенске поделе.

> Зато поједине земље – а међу њима је била и Југославија – поделу карата на листове врше комбиновано: карте чија је размера ситнија од неке усвојене размере (нпр. од 1: 10 000) имају степенску поделу, а карте са крупнијим размерама имају правоуглу поделу).

Друга одлука у поступку усвајања поделе на листове тиче се облика и димензија листа; ако облик није квадратан, онда се поставља и питање **оријентације листа**, која може бити усправна (*portrait*), или положена (*landscape*). Ни по овим питањима не постоје прецизни одговори, јер свако решење има добре и лоше стране.

Начелна препорука је да треба избегавати веома мале и веома велике димензије, а да оптимално решење треба тражити у зависности од намене карте и начина и места њеног коришћења. Међутим, када је реч о оптималној величини листа карте, мишљења су подељена, чак и када се ради о картама исте размере и намене.

> Величина листа топографске карте се изражава у квадратним дециметрима. Сматра се да су за топографске карте прихватљиве величине између 20 dm^2 и 25 dm^2.

Када је реч о оријентацији листа, не постоји боље и горе решење само по себи. Све зависи од намене карте, односно услова под којима ће се користити. За топографске карте постоји општа сагласност да је за њихово коришћење најпогоднији облик листа који тежи квадрату, односно код кога разлика у дужини краће и дуже стране није велика, па тада оријентација и нема превелик значај. Код степенске

поделе, за кабинетско коришћење листа предност има положени формат, али спајање суседних листова удобније код усправних формата јер се сечење врши по (скоро) правим линијама меридијанских праваца.

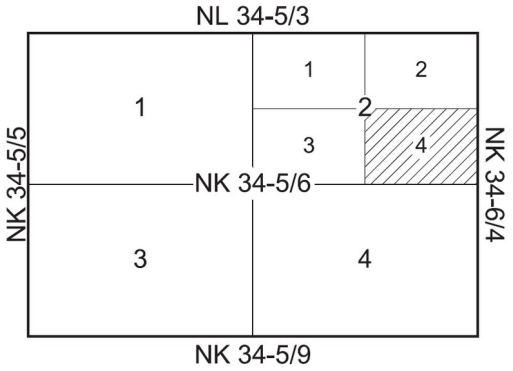
Подела карте на листове отвара питање **номенклатуре**, тј. начина на на који ће сваки лист добити јединствено име по којем ће се разликовати од било ког другог листа. Номенклатура је важна издавачу јер тако прати израду и стање сваког листа, затим онима који листове карата чувају ради издавања (нпр. библиотеке, магацини службених карата) или продаје, као и корисницима који карте набављају.

Не постоји универзална номенклатура, различите земље користе различите номенклатуре. На међународном плану је усвојена само подела и номенклатура Међународне карте света 1: 1 000 000 (МКС), која се и даље користи, иако је пројекат напуштен 1980-их; у пракси је заживела и номенклатура листова карата 1: 250 000, у оквиру МКС.

Номенклатуре се, грубо узевши, могу поделити на оне које имају експлицитну или имплицитну везу са географским положајем листова (тако да се положај сваког листа може лако локализовати) и оне које немају ту везу, већ нумерација почињу од, на пример, горњег левог угла и мења се по редовима ка југу или колонама ка западу. И за означавање се користе различите ознаке: само бројеви (са или без подбројева), комбинација слова и бројева, итд.

Занимљиво је да све номенклатурне ознаке од прве топографске карте настале у 18. веку (*Carte géométrique de la France*, 1: 86 400) до данас садрже и **називе листа карте** који се дају према **највећем насељеном месту** на листу.

На маргинама сваког листа карте видљиво се исписују његов назив и номенклатурна ознака. Корисно је да се шематски прикажу и номенклатуре суседних листова, како би корисник до те информације могао да дође без коришћења прегледног листа. Неке карте на полеђини имају одштампан прегледни лист карте, тако да корисник карте увек има прегледни лист при руци.



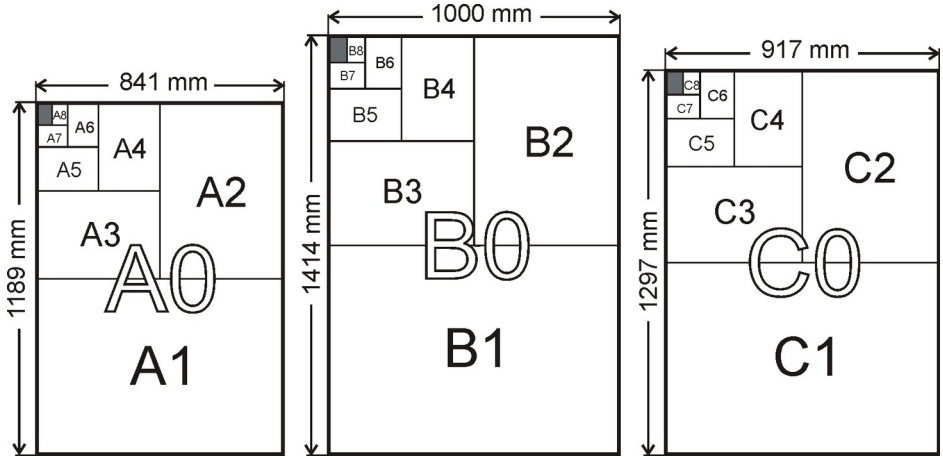
Слика 2-28: Шематски приказ суседних листова на маргини листа ТК25 у издању нашег Војногеографског института

Треба уочити да се формат карте односи на поље карте, не на цео лист карте. Одштампани лист карте осим поља има и веће или мање маргине са одговарајућим ваноквирним садржајем (наслов карте, редакцијски подаци, легенда, итд.), па при дизајнирању ваноквирног садржаја треба водити рачуна о формату папира на којем ће се карта штампати.

Наиме, карта се штампа на листу папира чије су димензије стандардизоване, а тим стандардима су прилагођене и штампарске машине (односно штампарске форме и ваљци офсет машина). Што је формат папира већи, већи су и трошкови штампања.

> Према међународном стандарду *ISO 216,* стандардни формати папира обухватају тзв. главни ред A и допунске редове B и C који се међусобно разликују по димензијама. Сваки ред („формат“) се дели на разреде, од 0 (највећи) до 12 (најмањи); дакле, A0, B0 и C0 су највећи разреди у редовима, а на мање редове (A1, A2, A3...B1, B2, B3... C1, C2, C3...) се деле на истом принципу: половљењем површине претходног разреда паралелно краћој страни. Однос дуже и краће стране суседних разреда у сваком реду је исти и износи 1 : 1,4142
>
> Поједине државе и региони (нпр. САД и Канада) користе друге, властите стандарде.
>
> У Србији се, као и у већини земаља Европе, за штампу користи углавном B формат.

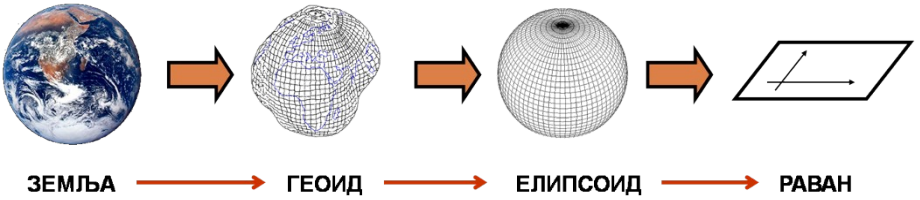
Пожељно је да лист карте (тј. поље и маргине) стане на неки од стандардизованих листова тако да се он што мање обрезује, тј. да растур буде што мањи. О томе треба увек водити рачуна, јер постоје ситуације када се само малим смањивањем маргина и преуређењем ваноквирног простора лист карте задржава на мањем формату папира и тако остварују уштеде на папиру и другим трошковима репродукције. Формат папира и трошкови репродукције нису, наравно, пресудан фактор у одлучивању о формату карте односно подели на листове, али он мора бити присутан у процесу доношења одлука.



Слика 2-29: Стандардни формати папира (редови A, B и C)

2.9 Картографске пројекције и координатна мрежа као математички елемент карте

Математички заснован поступак пресликавања тачака са физичке површи Земље у раван врши се, као што је већ наведено, у три корака:



Слика 2-30: Прелаз са физичке површи Земље у раван пројекције

Пресликавање са елипсоида (лопте) у раван пројекције мора бити обострано и једнозначно (бијективно), тј. свакој тачки са елипсоида (лопте) мора одговарати једна и само једна тачка на слици, и обрнуто.

Због разлике у закривљености елипсоида и лопте с једне стране, и равни са друге, тачке се не могу пресликати тако да однос међу њима остане исти као што је био на оригиналној порши. У зависности од одабране пројекције, праве линије ће се пресликати као криве или обрнуто, углови под којима се линије секу на оригиналној површи имаће друге вредности у пројекцији, пресликане површине се могу разликовати по облику и површини, биће промењен линеарни однос међу тачкама, итд. Дакле, приликом картографског пресликавања се **деформишу** дужине, углови и површине оригиналне површи.

Но, одговарајућим дефинисањем услова под којима се врши пројектовање – тј. одговарајућим дефинисањем картографске пројекције – може се утицати на врсту, величину (износ) и распоред деформација на подручју картирања и тако их учинити прихватљивим или чак занемарљивим за карте одређене намене, конкретне размере и за конкретне територије картирања.

Тако је, на пример, могуће остварити пресликавања код којих нема деформација **углова** (*конформне пројекције*), нема деформација **површина** (*еквивалентне пројекције*), нема **линеарних деформација у одређеним правцима** (*еквидистантне пројекције*) или су деформације у одређеној мери оптимизоване на подручју пресликавања. Ипак, линеарне деформације остају увек присутне, а нису могуће ни

пројекције које истовремено чувају вредности углова и површина.

Задатак картографског пресликавања је да установи зависност између координата тачака на геометријском моделу Земље (елипсоида или лопте) и координата тих тачка у пројекцији.

Та зависност се, имајући у виду да тачку на површи елипсоида или лопте одређујемо географским координатама φ и λ, а у равни правоуглим координатама x и y, изражава једначинама:

$$x = f_1(\varphi, \lambda)$$
$$y = f_2(\varphi, \lambda)$$

Ово су основне једначине картографских пројекција.

Функције f_1 и f_2 су непрекидне и коначне функције од чијег облика зависе својства пројекције, односно начин пресликавања; није тешко закључити да таквих функција може бити веома много.

> До сада је развијено неколико стотина картографских пројекција, а у пракси се примењује неколико десетина.

Према класичном приступу, проналажење експлицитних облика функција пресликавања, као и израза на основу којих се рачунају све релевантне карактеристике пројекције, представља тзв. *прави картографски задатак*.

Међутим, често је потребно да се реши и тзв. *обрнути картографски задатак*, када се на основу развијених израза пресликавања и карактеристика пројекције треба да успоставе одговарајући односи на оригиналној површи (инверзно пресликавање).

Савремени приступ, међутим, под правим задатком картографије **обједињава** два наведена класична задатка, а под обрнутим картографским задатком подразумева поступак по којем се најпре задају карактеристике пројекције, па се

онда, у зависности од њих, налазе функције директног и инверзног пресликавања. То раније није било могуће због сложеног и обимног рачунања које захтева овако формулисан обрнути картографски задатак, што је превазиђено применом рачунара у картографији.

> Такође, у прошлости је било важно да основне једначине конкретне пројекције имају што једноставнији облик, што је данас од другорадног значаја, јер се рачунања врше уз помоћ рачунара.

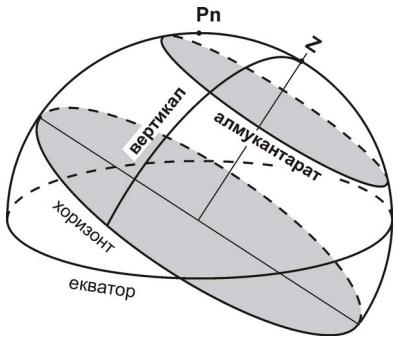
Класични поступак има једноставније изразе, али карактеристике добијене пројекције се могу установити тек када се одреде функције пресликавања и изрази за рачунање карактеристика пројекција. Савремени поступак полази од жељених карактеристика, што је природније и што, поред осталог, даје могућност дефинисања великог броја нових пројекција.

> Осим аналитички (тј. основним картографским једначинама), картографска пројекција се може задати и таблицом координата, као и описом конструкције мреже меридијана и паралела.

Под *картографском мрежом* подразумевамо сваку пресликану мрежу координатних линија са елипсоида и лопте. То могу бити меридијани и паралеле система географских координата на елипсоиду/лопти или мреже састављене од *вертикала* и *алмукантарата*.

> **Вертикал** је линија настала пресеком равни која садржи зенит и надир; у астрономији, то су велике кружнице на небеској сфери које пролазе зенитом.

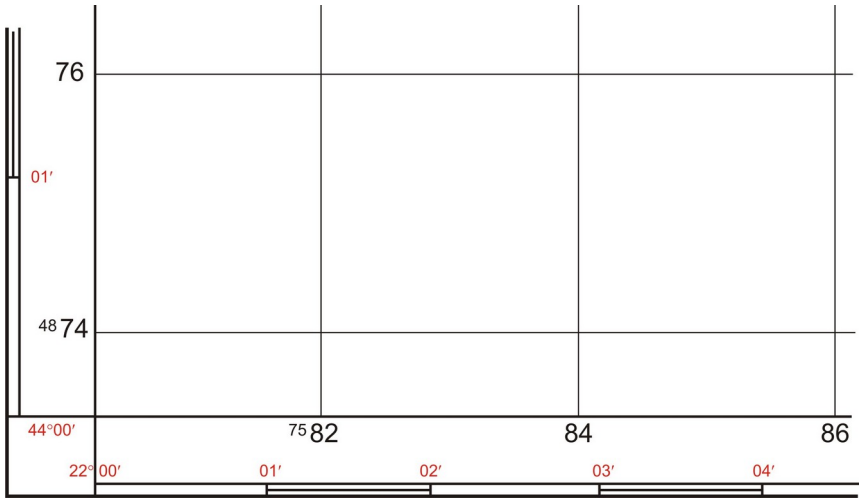
> **Алмукантарат** је је мала кружница на површи елипсоида дуж које су све тачке једнако удаљене од зенита (у астрономији: кружнице на небеској сфери паралелне са хоризонтом); кружница са највећим радијусом (еквивалентна екватору када је зенит у полу) назива се хоризонт.



Слика 2-31: Вертикал и алмункантарат

Картографска мрежа представљена линијама меридијана и паралела назива се *основна картографска мрежа*. Основна картографска мрежа нема увек најједноставнији облик, у многим пројекцијама су то пројекције вертикала и алмукантарата или неке друге линије. Картографска мрежа која у датој пројекцији има најпростији изглед од свих могућих, назива се *нормална картографска мрежа.*

На топографским картама и неким крупноразмерним картама се не исцртава картографска мрежа, једино се у међуоквирном или ваноквирном садржају означавају места пресека пројекција меридијана и паралела са оквиром листа карте и приказују њихове вредности у лучној мери. Уместо картографске мреже исцртава се *правоугла координатна мрежа*. Њу чини систем међусобно управних линија на карти, паралелних осама усвојеног правоуглог координатног система и на изабраним међусобно једнаким удаљеностима. Правоугла координатна мрежа на картама има облик мреже квадрата, па се понекад назива и *квадратна мрежа*. Служи за позиционирање тачака (картирање тачака према координатама и читање координата са карте) у државном или неком другом правоуглом координатном систему.



Слика 2-32: Правоугла координатна мрежа на топографским картама

2.10 Класификација картографских пројекција

Постоји бесконачан број различитих картографских пројекција, а у употреби је неколико стотина. Да бисмо их лакше проучавали и одабрали за практичну примену, делимо их у групе.

Картографске пројекције се обично деле према:

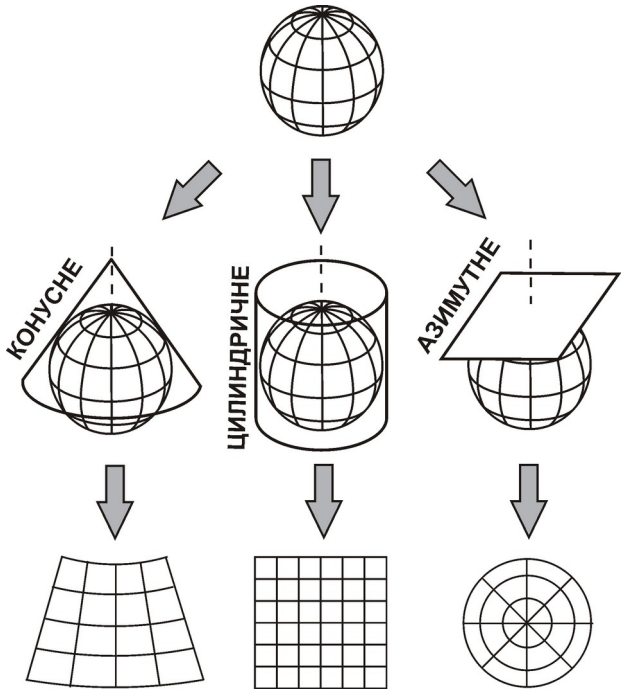
- врсти развојне (помоћне) површи
- положају осе пројекције у односу на осу ротације елипсоида или сфере (према аспекту)
- врсти деформација
- облику нормалне картографске мреже

2.9.1 Подела према врсти развојне (помоћне) површи и положају осе пројекције

Концептуално узевши, пресликавање са елипсоида (лопте) се не мора вршити непосредно на раван, већ се може вршити и на површи које се могу развити у раван без деформација – површ цилиндра или површ конуса. Ове површи се називају развојне или помоћне површи.

Отуда и подела пројекција **према врсти развојне површи**:

- конусне пројекције
- цилиндричне пројекције
- азимутне (зенитне) пројекције



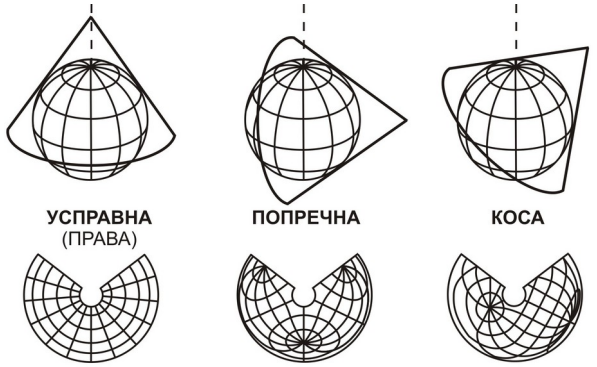
Слика 2-33: Пројектовање помоћу три развојне (помоћне) површи

Свака од ових површи може имати различит положај у односу на тело Земље (односно елипсоид или лопту). Он се исказује положајем који имају обртне осе цилиндра и конуса (односно нормала на раван) у односу на обртну осу оригиналне површи; тако разликујемо три основна положаја:

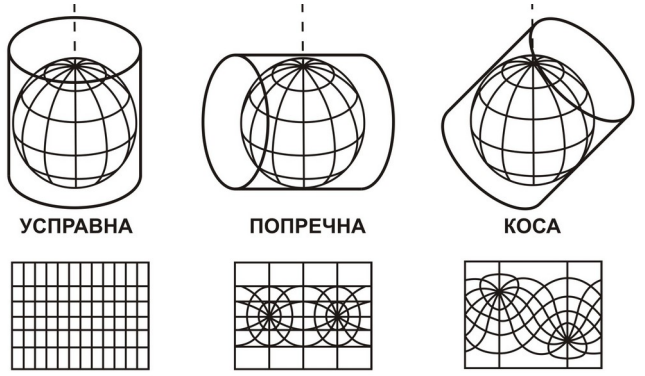
- **усправан** (нормалан, прав), када се осе поклапају (као на претходној слици)
- **попречан** (трансверзалан, екваторски), када су осе под 90° и
- **кос**

При томе, пројекциона површ може:

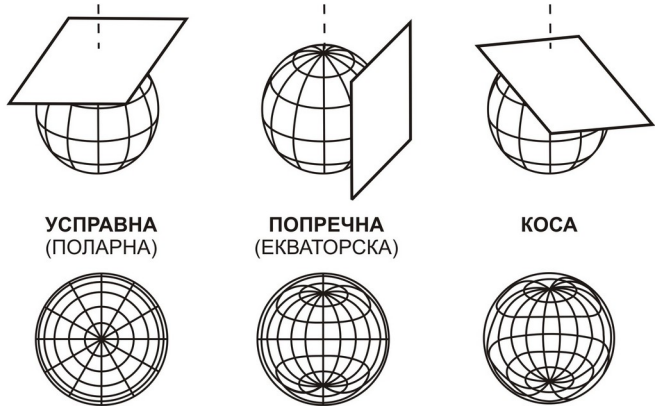
- *тангирати* оригиналну површ или
- *сећи* оригиналну површ



Слика2-34: Конусне пројекције (тангирајући конус)

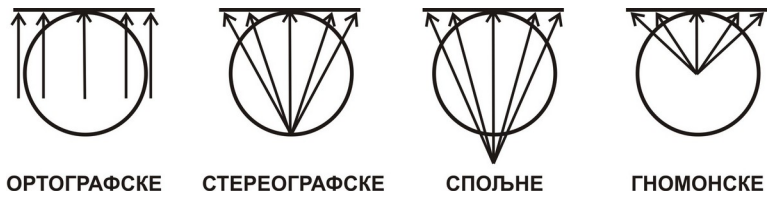


Слика 2-35: Цилиндричне пројекције (тангирајући цилиндар)



Слика 2-36: Азимутне пројекције (тангирајућа раван)

Азимутне (зенитне) пројекције се даље деле на *перспективне* и *неперспективне*; перспективне су оне које настају пројектовањем према законима линеарне перспективе из тачке посматрања (извора светлости), а према положају те тачке разликујемо: ортографске, стереографске, спољне (екстерне) и гномонске:



Слика 2-37: Перспективне азимутне пројекције

Неперспективне азимутне пројекције не дају увид у перспективу, већ приказују азимутне односе.

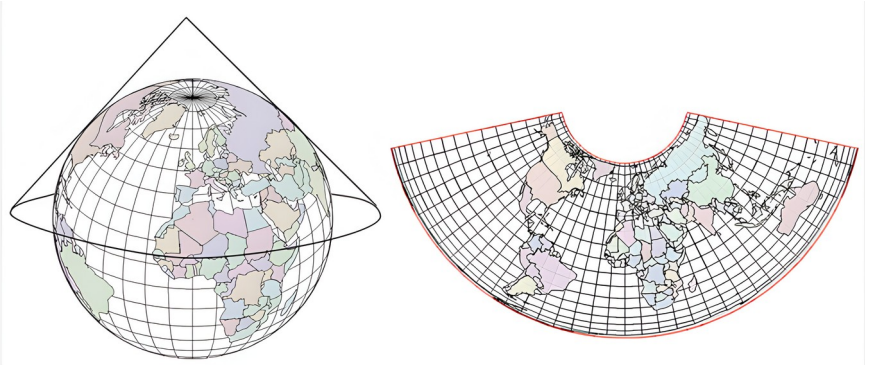
> Тврдња да се елипсоид (лопта) најпре пресликава на развојну површ (конус или цилиндар) која се потом развија у раван, углавном *није тачна*. То се односи на само мали број пројекција, а за већину то не важи. Тачно је, у ствари, супротно: конусна (односно цилиндрична) пројекција је добила такво име јер се слика меридијана и паралела у равни може савити у конус (односно цилиндар). Слично важи и за азимутне пројекције: оне јесу планарне пројекције, али то није њихова посебна

карактеристика, јер су све картографске пројекције пресликавање на раван.

Концепт развојних површи је у картографију уведен у 19. веку само ради визуелизације и лакшег разумевања теме (касније и распореда деформација у овим пројекцијама).

2.9.1.1 Усправне конусне пројекције

У усправним (правим) конусним пројекцијама паралеле се пресликавају у виду лукова концентричних кругова, а меридијани као сноп правих линија, које се сутичу у центру паралела.



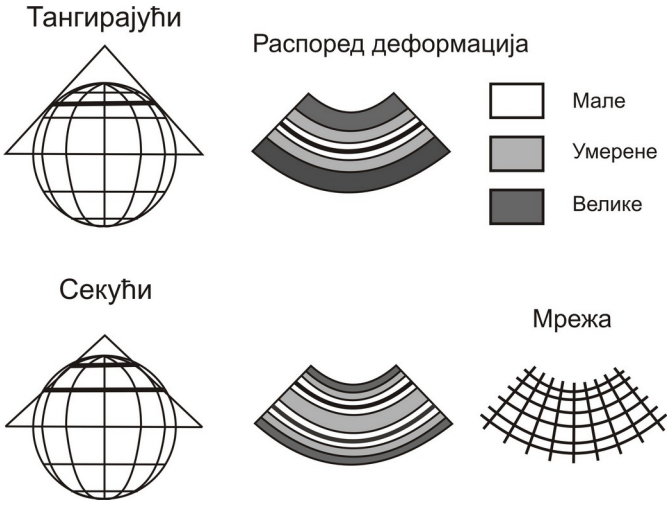
Слика 2-38: Усправна (права) конусна пројекција (https://gsp.humboldt.edu/olm/Lessons/GIS/03%20Projections/ProjectionFamilies3.html)

Углови између слика меридијана (углови конвергенције меридијана) пропорционални су разликама одговарајућих географских дужина и за исте разлике дужина међусобно су једнаки. Размаци између паралела зависе од услова пресликавања који могу бити разноврсни.

Код усправних конусних пројекција линије контакта између површи конуса и елипсоида (лопте) су паралеле, и то једна додирна или две секуће паралеле. Дуж тих паралела нема деформације дужина, па се у литератури срећу под називом

"*линије нултих линијских деформација*" или тзв. *стандардне (или главне) паралеле*.

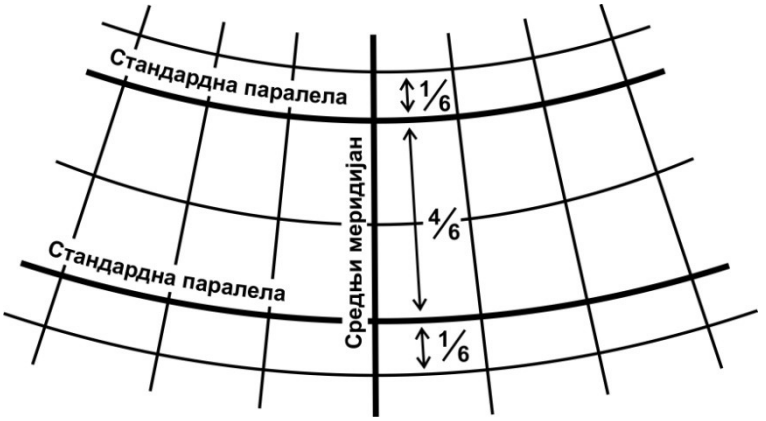
За подручје пресликавања релативно уско по ширини (ширина појаса од 6° до 7°) користи се тангирајући конус, а стандардна (додирна) паралела бира се по средини појаса.



Слика 2-39: Распоред деформација код усправних конусних пројекција
са једном и две стандардне паралеле

За територије са већим протезањем по ширини, користи се секући конус, а стандардне (секуће) паралеле постављају се тако да се обезбеди равномеран распоред деформација.

Ово се, начелно, постиже ако се стандардне паралеле поставе тако да су од граничних паралела подручја пресликавања удаљене за 1/6 укупне дужине одсечка средњег меридијана, захваћеног пресликавањем.



Слика 2-40: Секући конус: избор стандардних паралела

У нашој картографији су конусне пројекције коришћене за карте средњих размера: Тисоова условна конусна пројекција за Карту Краљевине Југославије 1:500.000, а после Другог светског рата Ламбертова конформна конусна пројекција са две стандардне паралеле за карте 1: 500 000, 1: 750 000 и 1: 1 000 000, као и за од њих изведене карте.

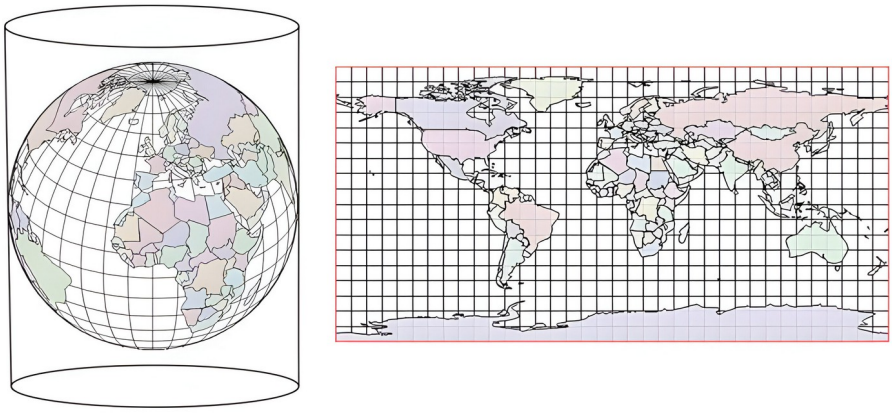
Такав избор је био природан с обзиром на облик и простирање територије Југославије.

Слика 2-41: Простирање територије Југославије по ширини ($\Delta\varphi$ = 7°)

2.9.1.2 Усправне цилиндричне пројекције

У усправној цилиндричној пројекцији меридијани се пресликавају као међусобно паралелне праве, а паралеле такође као праве линије, управне на меридијане.

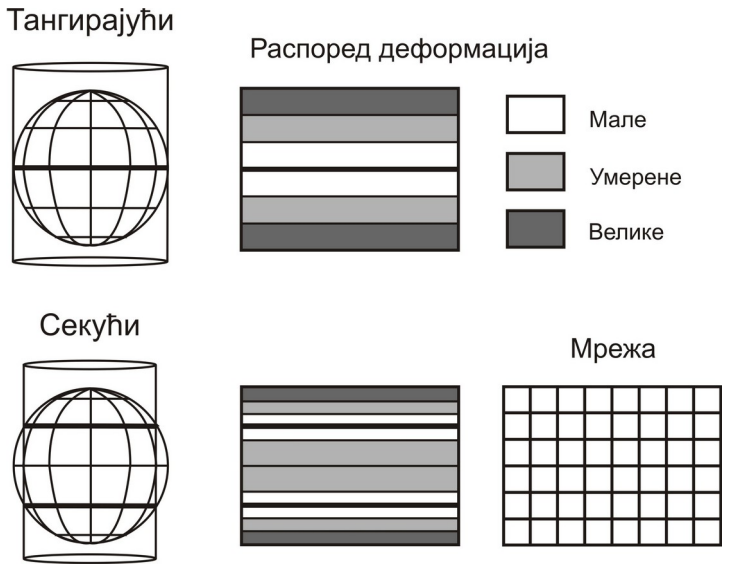
Меридијани су на једнаком растојању, које је пропорционално географским дужинама, док се размаци међу паралелама повећавају или смањују са удаљавањем од екватора (у зависности од карактера пресликавања).



Слика 2-42: Усправна цилиндрична пројекција (https://gsp.humboldt.edu/olm/Lessons/GIS/03%20Projections/ProjectionFamilies3.html)

Код усправних цилиндричних пројекција линије контакта између површи цилиндра и елипсоида (лопте) су паралеле, и то једна додирна или две секуће паралеле.

Дуж тих паралела нема деформације дужина.



Слика 2-43: Распоред деформација код усправних цилиндричних пројекција са једном и две стандардне паралеле

Пошто је картографска мрежа код усправних цилиндричних пројекција састављена од међусобно ортогоналних линија, главни правци се подударају са правцима меридијана и паралела, што значи да размере по меридијанима и паралелама имају екстремне вредности.

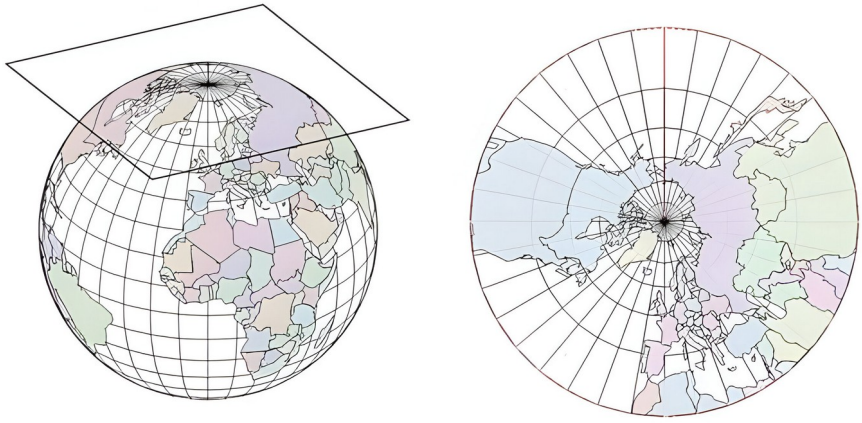
У усправним цилиндричним пројекцијама деформације линијских елемената, површина и углова зависе само од географске ширине.

2.9.1.3 Усправне азимутне (зенитне) пројекције

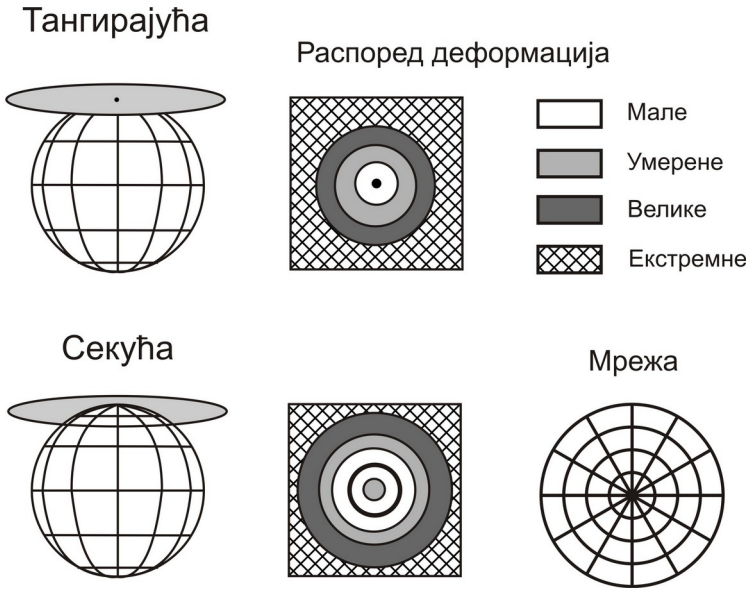
У усправним (поларним) азимутним пројекцијама, меридијани су праве које се секу у једној тачки под угловима једнаким разликама њихових географских дужина, а паралеле су концентричне кружнице са средиштем у пресеку меридијана.

Азимутне пројекције се најчешће примењују за карте ситнијих размера, па се Земља апроксимира лоптом.

У усправним азимутним пројекцијама главни правци се подударају са меридијанима и паралелама, тј. размера у датој тачки има дуж меридијана и паралела највећу (*a*) и најмању (*b*) вредност.



Слика 2-22: Усправна (поларна) азимутна пројекција
(https://gsp.humboldt.edu/olm/Lessons/GIS/03%20Projections/ProjectionFamilies3.html)



Слика 2-45: Распоред деформација код усправних азимутних пројекција на тангирајућу и секућу раван

2.9.2 Подела пројекција према врсти деформација

Закривљена површ елипсоида (лопте) не може се развити у раван без деформација. Картографске пројекције омогућавају минимизирање деформација, а у одређеној мери и њихову величину и распоред на територији картирања. У односу на то коју деформацију минимизирају, картографске пројекције се деле на: конформне, еквивалентне и условне пројекције

2.9.2.1 Конформне (истоугле, ортоморфне) пројекције

Једнакост углова у пројекцији (G) и оригиналној површи (G_E) за неку тачку, остварена је када је њихова разлика $\omega = G_E - G = 0$ и када су екстремне вредности размере a и b једнаке. Ако се једнакост обезбеди у свим тачкама слике, имамо конформно или истоугло пресликавање при којем је, очигледно, $\omega = 0$, а угао θ који у пројекцији заклапају меридијани и паралеле $\theta = 90^\circ$.

Тада је $a = b$, а линеарна размера је константна у свим правцима разматране тачке, што се исказује односом:

$$a = b = m = n = c$$

> Треба уочити да је линеарна размера у свакој тачки константна у свим правцима, али, у општем случају, нема у свакој тачки једнаку вредност (тј. вредност константе се од тачке до тачке мења).

За конформно пресликавање елипсоида на раван, потребно је и довољно да буду задовољене тзв. Коши-Риманове диференцијалне једначине:

$$\frac{\partial X}{\partial \lambda} = - \frac{r}{M}\frac{\partial Y}{\partial \varphi} = - \frac{N\cos\varphi}{M} \cdot \frac{\partial Y}{\partial \varphi}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial \lambda} = - \frac{r}{M}\frac{\partial X}{\partial \varphi} = - \frac{N\cos\varphi}{M} \cdot \frac{\partial X}{\partial \varphi}$$

За лопту важи: $R = M = N$, па се горње једначине за случај конформног пресликавања лопте на раван своде на облик:

$$\frac{\partial X}{\partial \lambda} = - \cos\varphi \frac{\partial Y}{\partial \varphi}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial \lambda} = \cos\frac{\partial X}{\partial \varphi}$$

2.9.2.2 Еквивалентне (истоповршинске) пројекције

Еквивалентне пројекције задржавају површине фигура, што значи да задовољавају услов:

$$p = ab = mn \sin\theta = 1$$

Другим речима, ако је размера површине једнака јединици у свакој тачки слике (пројекције), онда величина површине остаје очувана – недеформисана.

Из горње једначине проистиче следећи однос између линеарних размера у главним правцима:

$$a \cdot b = 1; \quad a = \frac{1}{b}; \quad b = \frac{1}{a}$$

одакле је јасно да никако не може бити $a = b$, што је услов конформног пресликавања; другим речима, **немогуће је да једна пројекција буде у исто време и конформна и еквивалентна**.

Рачунање деформације углова код еквивалентних пројекција, обавља се помоћу израза:

$$\tan\frac{\omega}{2} = \frac{1}{2}(a - b) = \frac{1}{2}\left(a - \frac{1}{a}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{b} - b\right)$$

или:

$$\tan\left(45^\circ + \frac{\omega}{4}\right) = a = \frac{1}{b}$$

За испитивање услова еквивалентности поставља се диференцијална једначина:

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial \lambda} - \frac{\partial x}{\partial \lambda}\frac{\partial y}{\partial \varphi} = M\cdot r$$

За лопту важи: $R = M = N$ и $r = \cos\varphi$, па се горње једначине за случај еквивалентног пресликавања лопте на раван своде на облик:

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial \lambda} - \frac{\partial x}{\partial \lambda}\frac{\partial y}{\partial \varphi} = R^2\cos\varphi$$

2.9.2.3 Условне (произвољне) пројекције

Код ових пројекција постоје истовремено и деформације углова и деформације површина.

Таквих пројекција има пуно, али се издваја група тзв. **еквидистантних (истодужинских) пројекција**, код којих је линеарна размера дуж једног од главних праваца константна и једнака јединици, тј.:

$a = 1$ или $b = 1$

Изрази за рачунање деформације површина (p) и углова (ω) су:

1) када је $a = 1$:

$$p = b$$

$$\sin\frac{\omega}{2} = \frac{1 - b}{1 + b}$$

$$\tan\left(45^\circ + \frac{\omega}{4}\right) = \frac{1}{\sqrt{b}}$$

2) када је $b = 1$:

$$p = a$$

$$\sin\frac{\omega}{2} = \frac{a - 1}{a + 1}$$

$$\tan\left(45^{\circ} + \frac{\omega}{4}\right) = \sqrt{a}$$

Еквидистантне пројекције су по карактеру и износу деформација између конформних и еквивалентних пројекција: деформације површина су мање него код конформних, а деформације углова су мање него код еквивалентних пројекција.

2.9.3 Подела пројекција према облику нормалне картографске мреже

У поступку пресликавања је уобичајено је да се најпре пројектују линије које у имају најједноставнији облик. То су, као што је раније наведено, линије нормалне картографске мреже.

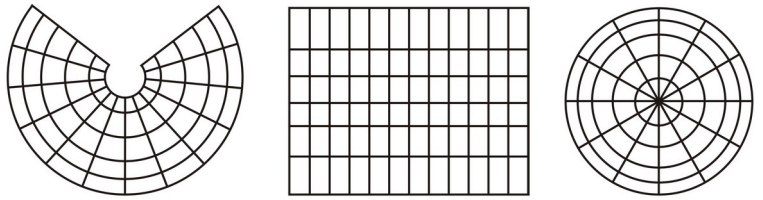
Нормална картографска мрежа се подудара са мрежом меридијана и паралела у усправним пројекцијама. Она има облик карактеристичан за одређену групу пројекција, па отуда и подела пројекција према облику нормалне мреже на:

- конусне
- цилиндричне
- азимутне
- псеудоконусне
- псеудоцилиндричне
- поликонусне

- кружне
- остале

Овом поделом је, као што се види, обухваћена и подела пројекција према врсти развојне (помоћне) површи и у том смислу представља ширу, обухватнију поделу.

Облик нормалне карторографске мреже **конусних, цилиндричних** и **азимутних** пројекција је већ описан, па се неће понављати; даје се само слика њихових нормалних мрежа.

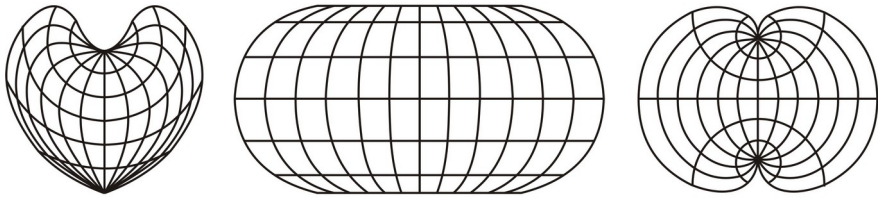


Слика 2-46: Нормална картографска мрежа конусних, цилиндричних и азимутних пројекција

Псеудоконусне пројекције су пројекције у којима се паралеле пресликавају као лукови концентричних кружница, а меридијани као криве симетричне у односу на средњи меридијан који се пресликава као права.

Псеудоцилиндричне пројекције су пројекције у којима се паралеле пресликавају као паралелне праве, а меридијани као криве симетричне у идносу на средњи меридијан који се пресликава као права управна на паралеле.

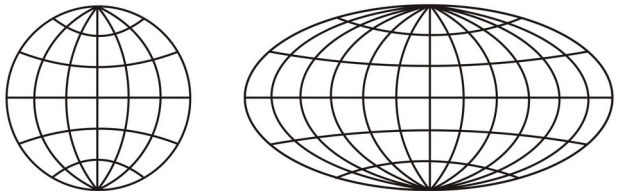
Поликонусне пројекције су пројекције у којима се паралеле пресликавају као лукови ексцентричних кружница, а меридијани као криве симетричне у односу на средњи меридијан који се пресликава као права на којој се налазе центри лукова паралела.



Слика 2-47: Нормална картографска мрежа псеудоконусних, псеудоцилиндричних и поликонусних пројекција

Кружне пројекције су пројекције у којима се паралеле пресликавају као лукови кружница чији су центри на средњем меридијану, а меридијани као лукови кружница симетричних у односу на централни меридијан који се пресликава као права линија.

Остале пројекције су пројекције у којима се паралеле и меридијани пресликавају као сложеније криве.



Слика 2-48: Нормална картографска мрежа кружних пројекција (лево) и пример нормалне картографске мреже осталих пројекција (десно)

Поделом пројекција према облику картографске мреже није обухваћена *полиедарска пројекција*. Она се битно разликује од наведених пројекција, јер се код ње елипсоид (лопта) пресликава не на једну него на много равни. Наиме, подручје картирања се меридијанима и паралелама дели на низ равнокраких елипсоидних (сфероидних) трапеза, а сваки се трапез посебно пројектује у раван, уз услов да му се стране пресликавају као праве, са дужинама које одговарају дужинама лукова одговарајућих меридијана и паралела. Када се тако добијени трапези саставе, добија се полиедар, одакле пројекцији назив. Полиедарска пројекција се, иначе, не може изразити у облику основне једначине картографске пројекције. На овом месту се спомиње због тога што се током 19. и почетком 20. века користила за топографске карте у многим европским земљама, укључујући и Србију и Југославију.

Такође, треба приметити да поједине овако класификоване пројекције носе име аутора, попут: Меркаторове, Ламбертове, Гаус-Кригерове, Гаус-Боагове, Молвајдове, Бонеове, Берманове, Гилбертове, Сансонове, Робинсове, Гал-Петерсове, Винкелове, Екертове I, Екертове II и многих других.

2.11 Рачунање величине и распореда деформација. Тисоова индикатриса

Француски математичар и картограф Н. А. Тисо[13] је први уочио да **круг бесконачно малог размера** на елипсоиду пресликан у раван пројекције даје, у општем случају, **елипсу**.

Ако узмемо да је радијус круга на елипсоиду $ds = 1$ (јединични круг), онда ће једначина елипсе у пројекцији бити:

$$\frac{dx^2}{m^2 ds^2} + \frac{dy^2}{n^2 ds^2} = 1$$

Она се назива **елипсом деформација** или **Тисоовом индикатрисом** (показатељицом) и показује како се мења размера у једној тачки у разним правцима.

[13] *Nicolas Auguste Tissot* , 1824–1897

Изведена једначина, има теоријски карактер, јер се у њој оперише бесконачно малим величинама. Међутим, за подручје површи Земље које се може сматрати равним (чак и веће од тога, ако се задовољимо мањом тачношћу резултата), у горњој једначини се, уместо ознака за диференцијалне величине (*dx* и *dy*), могу увести реалне вредности координата *x* и *y*. Отуда ће дефинитиван облик једначине елипсе деформација бити:

$$\frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} = 1$$

Ово разматрање важи под претпоставком да се координатни систем на елипсоиду поклапа са правцима меридијана и паралела. Ако су то уједно и главни правци – другим речима, ако мрежа меридијана и паралела остаје ортогонална и у пројекцији – онда ће, уз услов да се први главни правац поклапа са меридијаном, бити: ***m = a*** и ***n = b***, тако да важи:

$$\frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} = 1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$$

Пошто се осе елипсе деформација (Тисоове индикатрисе) *a* и *b* поклапају са главним правцима, дуж ових оса линеарна размера има **екстремне вредности** у разматраној тачки.

То даље значи да се на основу размере у правцу меридијана и паралела (*m* и *n*) и угла *θ* који у пројекцији заклапају меридијани и паралеле, могу срачунати *a* и *b*.

Користећи теорему која се односе на елису и њен тангентни паралелограм добијамо следеће једначине:

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2mn\sin\theta} = A$$
$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2mn\sin\theta} = B$$

одакле је:

$$a=\frac{1}{2}(A+B) \quad \text{и} \quad b=\frac{1}{2}(A-B)$$

У случају када је $\theta = 90°$, биће:

$$a+b=m+n$$
$$a-b=m-n$$

Сабирањем и одузимањем горњих једначина добијамо:

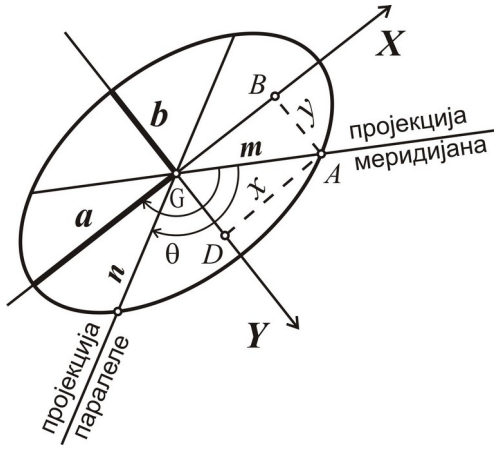
$a = m$
$b = n$, када је $m > n$, или

$a = n$
$b = m$, када је $n > m$.

Одатле следи важан закључак: када меридијани и паралеле чине ортогоналну мрежу и у пројекцији, размере m и n **достижу екстремне износе**. При томе ће бити $a=m$ и $b=n$ или $a=n$ и $b=m$.

За конструисање било које елипсе довољно је познавати величине њених полуоса a и b. Но, код елипсе деформација нас занима и њена *оријентација* у односу на параметарске линије.

Ради тога је потребно одредити угао G између пројекције меридијана у задатој тачки и правца једне од полуоса елипсе.



Слика 2-49: Оријентација елипсе еформација

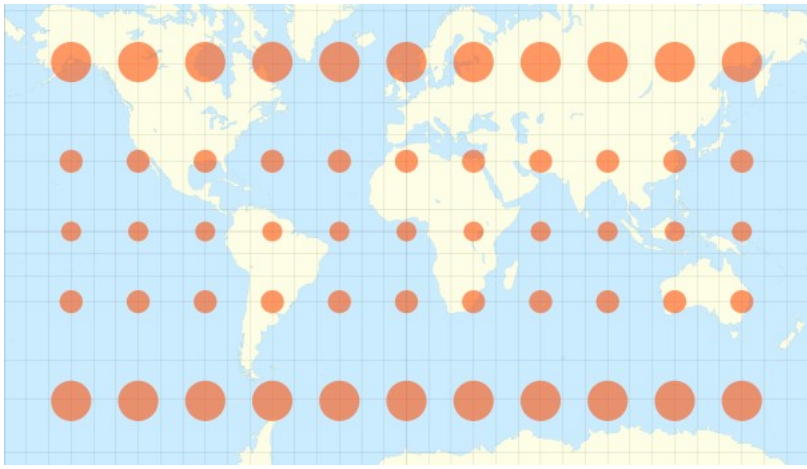
Коначан израз за рачунање угла између правца меридијана у задатој тачки и правца једне од полуоса елипсе је:

$$\tan G = \pm\frac{b}{a}\sqrt{\frac{a^2 - m^2}{m^2 - b^2}} = \pm\frac{b}{a}\sqrt{\frac{m^2 - b^2}{a^2 - m^2}}$$

Срачунавање елемената индикатрисе и њено конструисање за низ идентичних тачака разних картографских пројекција истог географског подручја, омогућава **сагледавање распореда деформација** на картираном подручју, као и **упоређење појединих пројекција** ради избора најпогоднije за неку конкретну карту.

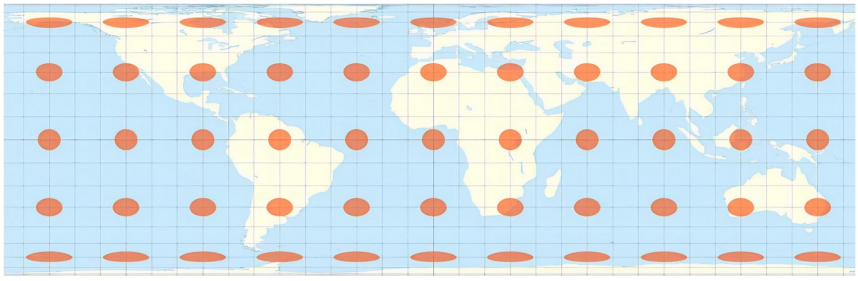
У том циљу, елипсе деформација се конструишу за пресеке меридијана и паралела (и друге карактеристичне тачке) на територији картирања, а затим се врши визуелни преглед и анализа.

> Тако, на пример, ако је индикатриса по облику блиска кругу, то говори о незнатним деформацијама углова и облика; што су веће разлике дужина полуоса Тисоових индикатриса, то су веће деформације углова, итд.
>
> Код еквивалентних пројекција, кругови једнаких полупречника на елипсоиду се, без обзира на величину и распоред на елипсоиду, пресликавају као елипсе једнаких површина.



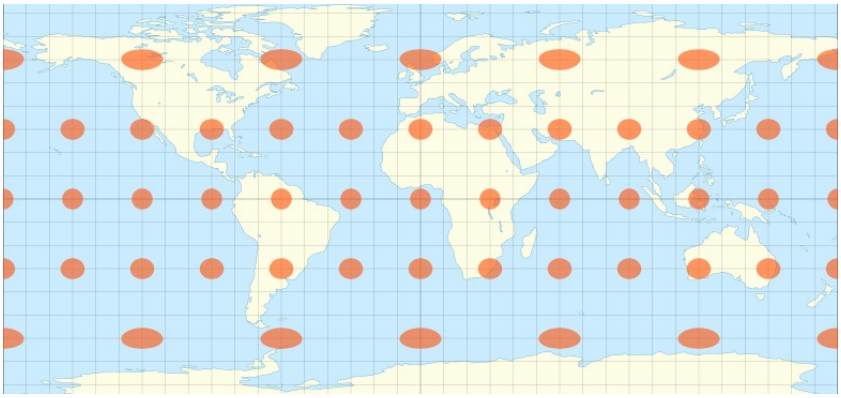
Слика 2-50: Деформације у Меркаторовој пројекцији /конформној усправној цилиндричној/
(https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection)

Код Меркаторове пројекције цилиндар тангира елипсоид на екватору, па дуж њега нема деформација, а са удаљавањем ка половима, деформације постају су све веће; пошто је код комфорних пројекција линеарна размера константна у свим правцима око тачке, кругови на елипсоиду се пресликавају као кругови, а њихова величина (површина) указује на величину деформација).



Слика 2-51: Деформације у Ламбертовој пројекцији /еквивалентној усправној цилиндричној/
(https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_cylindrical_equal-area_projection

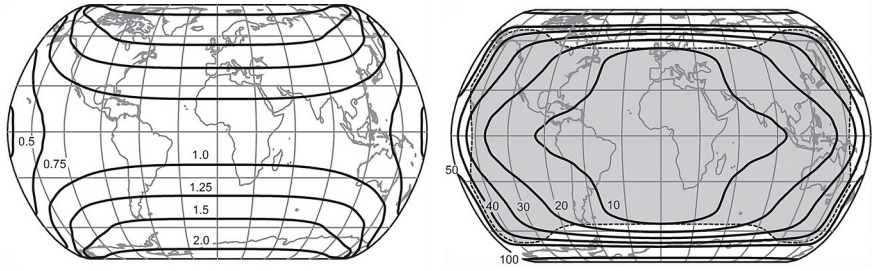
Код ове пројекције цилиндар тангира елипсоид на екватору, па дуж њега нема деформација (кругови се пресликавају као кругови), а са удаљавањем ка половима, деформације постају су све веће; облик елипси се разликује, али све *имају исту површину*; што су веће разлике дужина полуоса, то су веће деформације углова.



Слика 2-52: Деформације у еквидистантној цилиндричној пројекцији
(https://en.wikipedia.org/wiki/Equirectangular_projection)

Код ове пројекције цилиндар тангира елипсоид на екватору, па дуж њега нема деформација (кругови се пресликавају као кругови), а са удаљавањем ка половима, деформације постају су све веће; облик елипси се разликује, али све имају *једнаку малу полуосу*, што значи да нема деформација у правцу меридијана; што су веће разлике дужина полуоса, то су веће деформације углова.

Иначе, величина и распоред деформација се може, осим елипсама деформација конструисаним у карактеристичним тачкама на подручју пресликавања, приказати и **изоколама**, линијама које спајају тачке једнаких деформација.



Слика 2-53: Површинске (лево) и угловне (десно) деформације приказане изоколама
(Jenny at al., 2010)

3. ДРЖАВНЕ ПРОЈЕКЦИЈЕ У СРБИЈИ

Државна (службена) пројекција служи за одређивање координата тачака геодетске основе у равни на територији неке државе. У њој се врши премер и израђују планови и карте најкрупнијих размера.

Државна пројекција треба да испуни следеће захтеве:

- да са датом тачношћу обухвати целу државну територију са што мање координатних система
- деформације пројекције требају бити занемариве у већини практичних геодетских радова и рачунањима мреже најнижег реда (нпр. тригонометријска мрежа 4. реда)
- рачунања деформација углова и дужина, као и рачунање редукције праваца и дужина треба да је што једноставније
- што већа једнообразност у свим рачунањима, независно од координатних система

Примена рачунара и електронских инструмената донекле је релативизовала значај захтева за једноставнијим рачунањем, па и захтев за занемарљивост деформација у већини радова, али се о томе и даље мора водити рачуна.

Показује се да ове услове најбоље испуњавају **конформне пројекције**.

Наиме, пројектовани углови се код конформних пројекција не деформишу, а редукције праваца због закривљености геодетских линија се могу занемарити, јер су мање од тачности мерења углова. Додуше, и код неконформних пројекција се такође може догодити да су поправке за редукцију праваца занемарљиво мале, али овде треба обратити пажњу на укупне поправке (редукција праваца плус поправка због деформације углова), па ако су оне мање од тачности мерења, тек онда се могу занемарити, иначе не. Та укупна поправка код неконформних пројекција је, очигледно, већа него редукција праваца код конформних пројекција, одакле следи важан закључак: уз једнако захтевану тачност пројекције, подручје пресликавања у конформним пројекцијама биће веће од подручја пресликавања у неконформним пројекцијама.

Када је реч о деформацијама дужина, чињеница је да су максималне деформације дужина у конформним и неконформним пројекцијама приближно једнаке за мања подручја пресликавања. Међутим, за дату тачност ширина подручја пресликавања код конформних пројекција је увек већа него код неконформних.

То су разлози због којих се данас као државне пројекције примењују само конформне пројекције.

С обзиром на то, у обзир долазе следеће конформне пројекције:

- Гаус-Кригерова (у енглеском говорном подручју: *Transverse Mercator;* иста пројекција је и основа *Universal Transverse Mercator /UTM/* система
- стереографска пројекција
- коса цилиндрична пројекција
- Ламбертова конусна (Ламберт-Гаусова) пројекција

Када се ради о територијално малим државама за које је довољан један координатни систем, избор пројекције се може извршити и према облику територије.

Тако ће, на пример, за мале државе *кружног облика* најповољнија бити стереографска пројекција; код ње деформације расту равномерно од централне тачке у свим правцима, а деформације дужина су два пута мање у односу на Гаус-Кригерову, при једнакој удаљености од централне тачке односно средњег меридијана. За мала подручја која се простиру у правцу *исток-запад*, најповољнија је Ламбертова конусна пројекција, за мала подручја која се простиру у правцу север-југ Гаус-Кригерова, а за мала подручја која се простиру *у другим правцима*, предност би могла имати коса цилиндрична пројекција.

Када је потребно користити више координатних система, у предности је Гаус-Кригерова пројекција, код које је подручје сваког координатног система ограничено са два меридијана и простире се од пола до пола.

> Велика предност Гаус-Кригерове пројекције је и у потпуној једнообразности рачунања у сваком координатном систему (свакој зони). Таква једнообразност не постоји ни у једној другој пројекцији: нпр. у Ламбертовој конусној пројекцији у сваком координатном систему ограниченом са две паралеле, константе пројекције су различите, у стереографској пројекцији једнообразност рачунања није могућа због различитих ширина исходишта координатних система, итд.

Од 1924. године у Србији се као државна пројекција користи(ла) Гаус-Кригерова пројекција, конформна цилиндрична пројекција тростепених меридијанских зона, а као референтни елипсоид Беселов елипсоид.

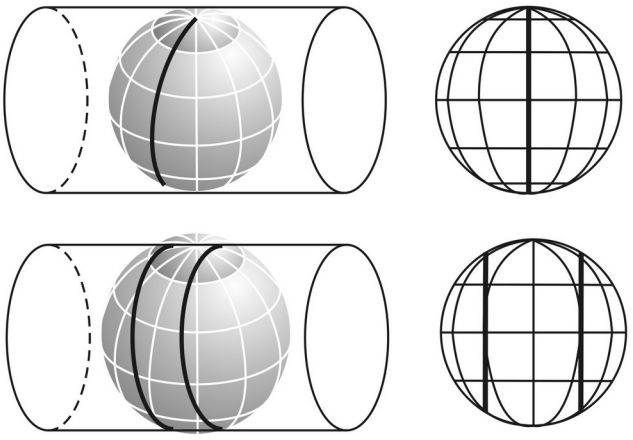
Након стицања државне самосталности (2006. године), Република Србија је 2009. године за државну пројекцију усвојила модификовану варијанту ове пројекције, познату под називом *Transverse Mercator* (попречна Меркаторова пројекција) у систему попречних Меркаторовох пројекција (*Universal Transverse Mercator – UTM*) које обухватају цео свет; уз ову пројекцију је усвојен и други референтни елипсоид, *GRS80*.

Пошто није прецизно дефинисано у ком се периоду мора извршити прелаз на нову државну пројекцију, у овом

тренутку се користе обе, па ће се обе и приказати у наредним лекцијама.

3.1 Гаус–Кригерова пројекција

Гаус-Кригерова пројекција је конформна попречна цилиндрична пројекција којом се пресликава уски појас (ширине обично 1˚ до 6˚) око меридијана који је усвојен као средњи (централни). Средњи меридијан се пресликава или као права линија без деформација (тангирајући цилиндар) или је линеарна размера дуж њега различита од јединице, али константна (секући цилиндар). Остали меридијани се пресликавају као криве линије симетричне у односу на средњи меридијан. Паралеле су такође криве линије, симетричне у односу на екватор; екватор се пресликава као права линија.



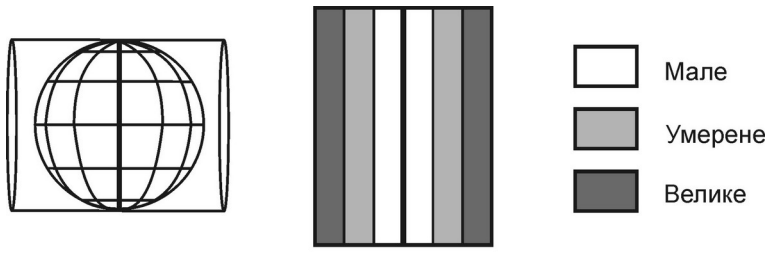
Слика 3-1: Тангирајући (горе) и секући (доле) цилиндар

Ову пројекцију је први применио К. Ф. Гаус, при рачунању хановерске триангулације 1821– 1825. године. Користио је коначне формуле, а њихово извођење није нигде објавио. Пола века после његове смрти, Научно друштво из Гетингена (*Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*) је поверило

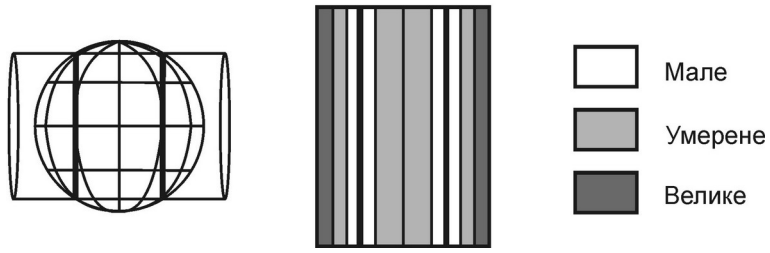
математичару и геодети Л. Кригеру[14] да прегледа и среди његову заоставштину. Кригер је систематизовао Гаусове белешке о конформном пресликавању елипсоида у раван и публиковао их 1912. године, а 1919. године је објавио и збирку формула за практичну примену ове пројекције. У част обојици, пројекција носи њихова имена.

Гаус-Кригерова пројекција је због неколико својстава, пре свега због величине и распореда деформација у случају секућег цилиндра, које су повољније него код других конформних пројекција, веома погодна за примену као државна пројекција, тј. као пројекција која служи за сва рачунања у равни и за израду планова и крупноразмерних карата на целој државној територији.

Као такву, прва ју је усвојила Аустрија (1917), затим Немачка (1923), па Краљевина Срба Хрвата и Словенаца (1924). Данас је користи већина држава у свету.



Слика 3-2: Распоред и величина деформација за тангирајући цилиндар



Слика 3-3: Распоред и величина деформација за секући цилиндар

Комисија која је 1924. године формирана од представника Војногеографског института и Генералне дирекције катастра

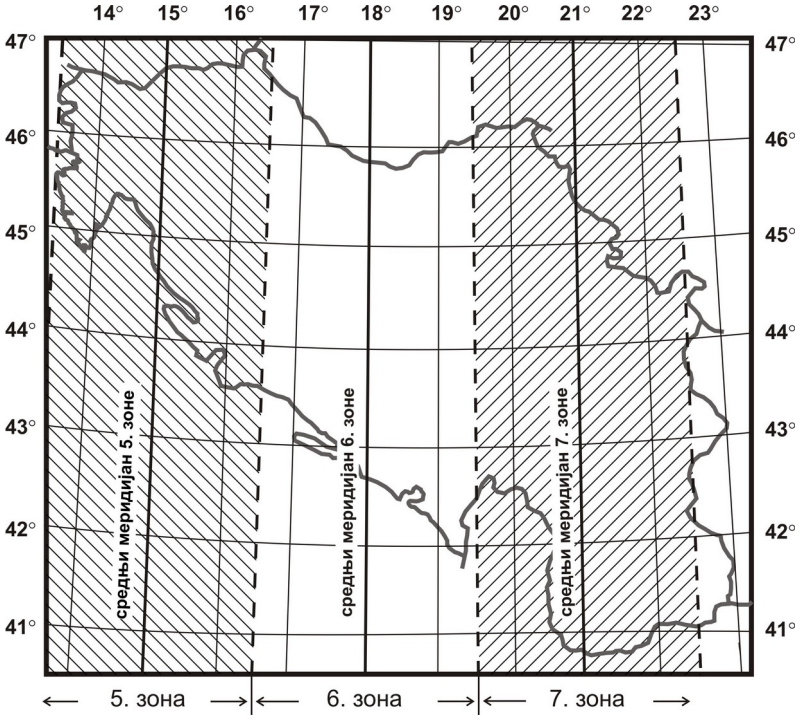
[14] *Johann Heinrich Louis Krüger*, 1857–1923

при Министарству финансија ради предлагања државне пројекције, разматрала је више пројекција и њихових варијанти. Основни критеријум је био да деформације дужина не буду веће од 10 cm по километру. Сузивши избор на Гаус-Кригерову пројекцију, Комисија је утврдила да би у случају усвајања додирног цилиндра, ширина зоне у којој би деформације биле испод захтеваних износила 2˚15′ (180 km), што значи да би на територији Краљевине требало да буде 5 таквих зона. Да би се број зона смањио, уместо додирних цилиндара усвојени су *секући*. Сваки цилиндар пресеца елипсоид на 90,18 km источно и западно од средњег меридијана зоне, чиме је ширина зоне увећана са 2˚15′ на 3˚ (са 180 km на 254 km), што је број зона смањило са пет на три[15].

Коначно, Комисија је за државну пројекцију предложила Гаус-Кригерову пројекцију тростепенских меридијанских зона (са средњим меридијанима у тим зонама на 15˚, 18˚ и 21˚ источно од Гринича) и линеарном деформацијом на средњем меридијану у износу од –1 dm/km (–0,0001), односно линеарним модулом m_0 = 1 – 0,0001 = 0,9999.[16] Три зоне су означене као 5. 6. и 7. зона, ради континуитета са Аустријом и Немачком, јер је тада постојала идеја да се оваквим пројекцијама створи картографски континуитет у Европи.

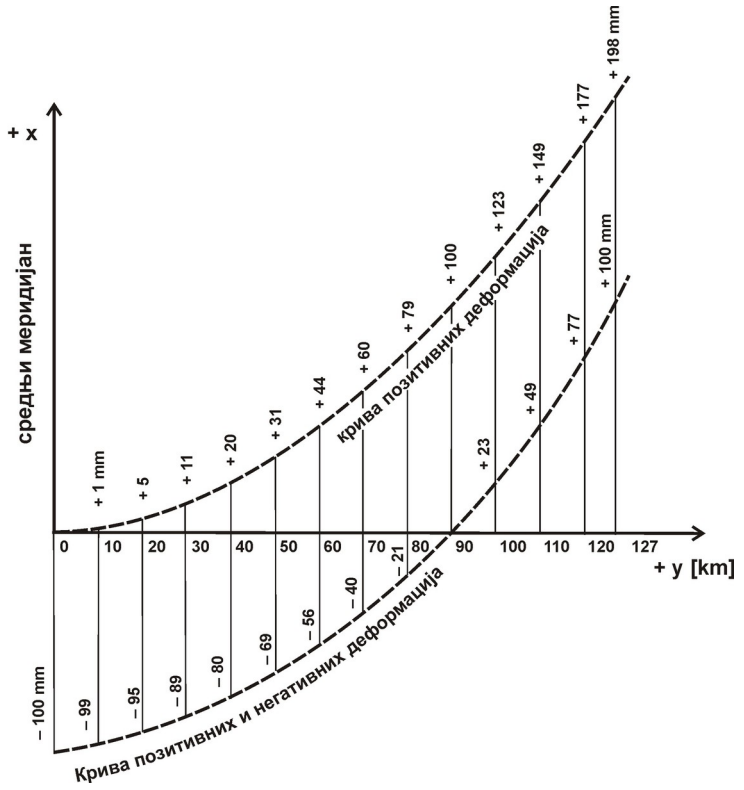
Ту пројекцију је задржала и социјалистичка Југославија, а до 2009. године је била и државна пројекција Србије.

[15] Три зоне не покривају сасвим територију Југославије: источни делови Србије (око Кладова и Пирота) и Македоније (Струмица, Делчево) су остали изван треће зоне, а четврта зона није због уведена јер се ради о релативно малој територији која излази из тростепене зоне за максимално пола степена.
[16] У ранијим излагањима линерани модул смо означавали са *c*, а овде на начин који је уобичајен за Гаус-Кригерову пројекцију.



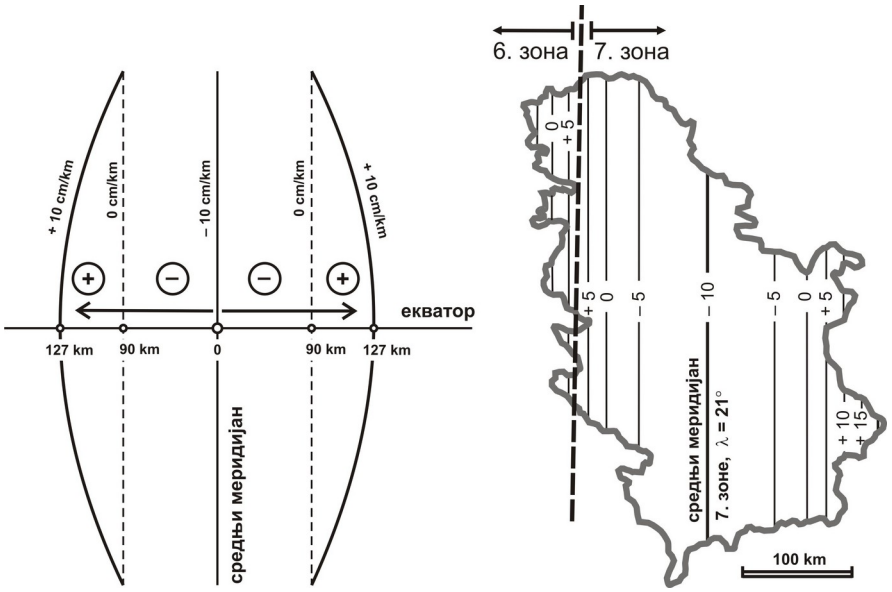
Слика 3-4: Три зоне Гаус-Кригерове пројекције

Распоред линеарних деформација је једнак за сваку зону: на средњем меридијану деформација је –10 cm, а са удаљавањем на исток и запад од средњег меридијана постепено расте, да би на линијама пресека цилиндра и елипсоида износила 0 cm, а затим расла у позитивном смеру до максималних +10 cm на крајевима зоне.



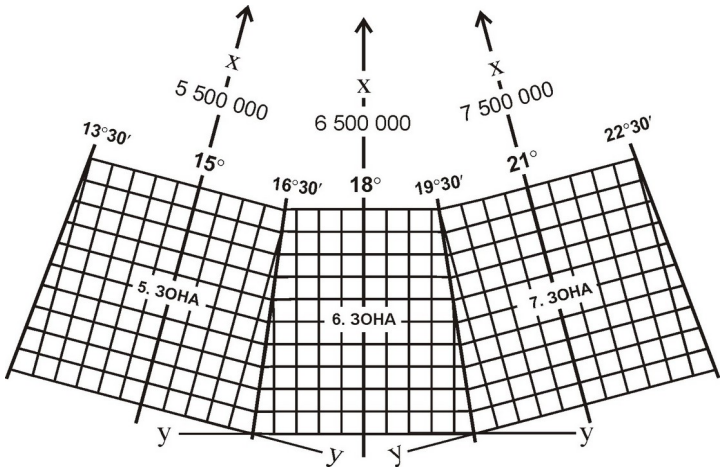
Слика 3-5: Повећање подручја пресликавања које се постиже увођењем негативних линеарних деформација

Територија Србије пада највећим делом у 7. зону, а мањим делом у 6. зону; уз то, делови Србије око Кладова и Пирота излазе изван седме зоне и у том невеликом подручју линеарне деформације имају износе веће од 10 центиметара.



Слика 3-6: Распоред линеарних деформација у тростепеној зони Гаус-Кригерове пројекције (лево) и на територији Србије (десно)

За сваку зону је дефинисан идентични координатни систем.



Слика 3-7: Три координатна система ГК пројекције у Југославији

Пројекција средњег меридијана чини X- осу, а пројекција екватора Y- осу; исходиште 0 система је у њиховом пресеку. Апсцисе *(x)* се рачунају од екватора, па су увек позитивне. Ординате *(y)* се рачунају од средњег меридијана зоне, а да би

се избегле негативне вредности ордината тачака западно од средњег меридијана, сваки средњи меридијан добија по ординати вредност 500 000 метара. Остале ординате у зони имају вредности *мање* од 500 000 m ако се налазе западно од средњег меридијана, а вредности *веће* од 500 000 m ако се налазе источно од средњег меридијана.

Да би се одмах знало којој зони припада тачка, број зоне (5, 6 или 7) се додаје ординати као њен први број.

На пример, ако тачка има координате:

$$y = 7\,462\,250{,}45 \qquad x = 4\,143\,234{,}56$$

први број ординате означава да се тачка налази у 7. зони и то *западно* од 21. меридијана (јер је вредност без ознаке зоне мања од 500 000 m).

3.1.1 Рачунање правоуглих координата на основу географских координата (прави задатак)

$$x = \overline{X} + \frac{l^2}{2} N \sin\varphi \cos\varphi + \frac{l^4}{24} N \sin\varphi \cos^3\varphi \cdot \left(5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^2\right) + \frac{l^6}{720} N \sin\varphi \cos^5\varphi$$

$$y = l \cdot N \cos\varphi + \frac{l^3}{6} N \cos^3\varphi \cdot \left(1 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^2\right) + \frac{l^5}{120} N \cos^5\varphi \cdot \left(5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 -\right.$$

где су:

$$\bar{X} = a \cdot (1 - e^2) \cdot \left(\frac{A\varphi^{O}}{\rho^{O}} - \frac{B}{2}\sin 2\varphi + \frac{C}{4}\sin 4\varphi - \frac{D}{6}\sin 6\varphi + \frac{E}{8}\sin 8\varphi - \ldots \right)$$

($\bar{X}$ = лук меридијана од екватора до пресека пројекције паралеле тачке Т)

$$l = \lambda - \lambda_0$$

$$A = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{175}{256}e^6 + \frac{11025}{16384}e^8 \ldots$$

$$B = \frac{3}{4}e^2 + \frac{15}{16}e^4 + \frac{525}{512}e^6 + \frac{2205}{2048}e^8 \ldots$$

$$C = \frac{15}{64}e^4 + \frac{105}{256}e^6 + \frac{2205}{2096}e^8 \ldots$$

$$D = \frac{35}{512}e^6 + \frac{315}{2048}e^8 \ldots$$

$$E = \frac{315}{16384}e^8 \ldots$$

Величине *A, B, C, D, E*, могу се за дати елипсоид унапред израчунати.

N– радијус закривљености паралеле тачке Т

$t = \tan\varphi$

$\eta = e\cos\varphi$

λ_0 – географска дужина средњег меридијана

Наведене једначине обезбеђују добијање правоуглих координата са тачношћу до 0,001 m.

3.1.2 Рачунање географских координата на основу правоуглих координата (обрнути задатак)

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{y^2}{2M_1N_1}t_1 + \frac{y^4}{24M_1N_1^3}\cdot t_1\cdot\left(5+3t_1^2+\eta_1^2-9\eta_1^2\cdot t_1^2\right) - \frac{y^6}{720M_1N_1^5}\cdot t_1\cdot\left(61+90t_1^2+45t_1^4\right)$$

$$l = \frac{y}{N_1\cos\varphi_1} - \frac{y^3}{6N_1^3\cos\varphi_1}\cdot\left(1+2t_1^2+\eta_1^2\right) + \frac{y^5}{120N_1^5\cos\varphi_1}\cdot\left(5+28t_1^2+24t_1^4+6\eta_1^2+8\eta\right.$$

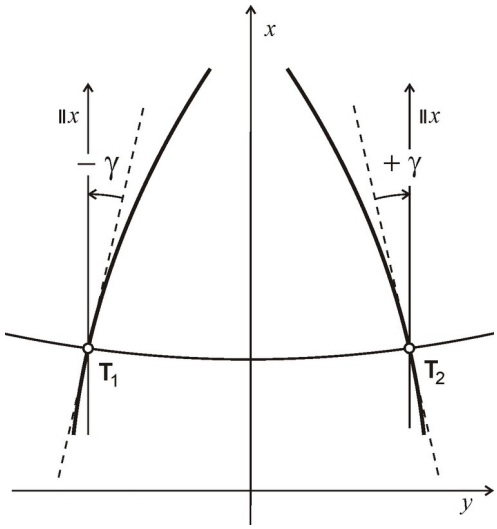
$$\lambda = l + \lambda_0$$

Ширина φ се одређује **итеративним поступком**; поступак се понавља све док разлика између две узастопне вредности φ не буде 0,"0001.

Наведене једначине омогућују рачунање геогерафских координата са тачношћу од 0,"0001, уз услов да највеће удаљење од средњег меридијана не прелази 3°30’.

3.1.3 Конвергенција (зближавање) меридијана

Под конвергенцијом меридијана γ пројекцији подразумевамо угао који, у задатој тачки, заклапају тангента на меридијан и права паралелна са осом *x*. Вредност овог угла се мери од тангенте на меридијан до праве паралелне са осом x, за тачке источно од средњег меридијана у правцу кретања казаљке на сату, а за тачке западно од средњег меридијана у супротном правцу. Стога тачке источно од средњег меридијана имају позитивну конвергенцију (+ɣ), а тачке западно од средњег меридијана имају негативну конвергенцију меридијана (–ɣ).



Слика 3-8: Конвергенција (зближавање) меридијана

3.1.3.1 Рачунање конвергенције меридијана у равни на основу географских координата

$$\gamma = l\sin\varphi + \frac{l^3}{3}\sin\varphi\cos^2\varphi \cdot \left(1 + 3\eta^2\right) + \frac{l^5}{15}\sin\varphi\cos^4\varphi \cdot \left(2 - t^2\right)$$

3.1.3.2 Рачунање конвергенције меридијана у равни на основу правоуглих координата

$$\gamma = \frac{y}{N_1}t_1 - \frac{y^3}{3N_1^3}t_1 \cdot \left(1 + t_1^2 - \eta_1^2 - 2\eta_1^4\right) + \frac{y^5}{15N_1^5}t_1 \cdot \left(1 + 5t_1^2 + 3t_1^4\right)$$

3.1.4 Рачунање линеарне и површинске размере

3.1.4.1 Рачунање линеарне (c) и површинске (p) размере на основу правоуглих координата

$$c = 1 + \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^4}$$

$$p = c^2 = 1 + \frac{y^2}{R^2} + \frac{y^4}{3R^4}$$

где је R средњи радијус који се рачуна према:

$$R=\sqrt{MN}=\frac{a\sqrt{1-e^2}}{1-e^2\sin^2\varphi}$$

Вредност *R* зависи од географске ширине тачке за коју се рачунају размере *c* и *p*.

3.1.4.2 Рачунање линеарне (c) и површинске (p) размере на основу географских координата

$$c=1+\frac{l^2}{2}\cos^2\varphi+(1+\eta^2)+\frac{l^4}{24}\cos^4\varphi\cdot(5-4t^2)$$

$$p=1+l^2\cos^2\varphi+(1+\eta^2)+\frac{l^4}{3}\cos^4\varphi\cdot(2-t^2)$$

Размере површина и линеарних елемената зависе од координата φ и l, али на њихову промену више утиче промена географске дужине l, јер се cosφ мења спорије и у знатно ужим границама (од 0 до 1).

Највећа вредност размера c и p биће у пресечним тачкама екватора са крајњим меридијанима зоне.

Дуж меридијана ($l=const$), размере се, идући према половима, смањују до вредности једнаке јединици. Наравно, на средњем меридијану ($l=0$) износи размере су, сходно задатом услову пројекције, константни.

Једначина линеарне деформације у Гаус-Кригеровој пројекцији на основу координата x и y гласи:

$$d_c = c - 1 = \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^2} + \dots$$

Аналогно, коначна једначина линеарне деформације у Гаус-Кригеровој пројекцији на основу координата φ и l:

$$d_c = c - 1 = \frac{l^2}{2\rho^2}\cos^2\varphi \cdot (1+\eta^2) + \frac{l^4}{24\rho^4}\cos^4\varphi \cdot (5 - 4t^2)$$

3.1.5 Редукција (модулација) координата

Наведене једначине за рачунање правоуглих координата у овој пројекцији су изведене уз услов да је на средњем меридијану линеарна размера једнака јединици. Но, увођењем негативних линеарних деформација (тј. увођењем секућег уместо додирног цилиндра) тај услов је промењен; на средњем меридијану је сада размера мања за 0,0001 од јединице и износи m_0 = 0,9999, па је вредности координата срачунате према наведеним формулама **потребно помножити** тим фактором, линеарним модулом m_0 .

Ова операција множења са назива **редукција координата**, јер се добијају умањене вредности координата или **модулација координата**, јер се множење врши линеарним модулом m_0. Редуковане координате користе се готово у свим рачунањима ниже геодезије и практичне картографије, али се у математичкој картографији и вишој геодезији користе нередуковане (немодулисане), па о томе треба водити рачуна.

Ради једнозначности, редуковане координате обележавамо са *x* и *y*, а нередуковане координате са $\overline{X}$ и $\overline{Y}$.

Пример:

Ако се на основу географских координата φ и λ израчунају правоугле координате у равни Гаус-Кригерове пројекције:

$\overline{y}$ = – 152238,443 и

$\overline{x}$ = 4110813,251

обе вредности треба помножити са m_0 = 0,9999; тако се добијају редуковане координате:

y = – 152223,219 и

x = 4110402,170

Сада вредност координате y треба, према усвојеној конвенцији, додати 500000 метара (да би се избегле негативне вредности координата), а као прву цифру координате написати број зоне којој тачка припада (5, 5 или 7).

Ако је тачка у 7. зони, онда су дефинитивне вредности редукованих координата:

y = 7 347 776,781 и

x = 4 110 402,170

Када се на основу правоуглих координата неке тачке у равни Гаус-Кригерове пројекције желе срачунати њене географске координате φ и λ према горе наведеним формулама, претходно је потребно извршити њихову демодулацију обрнутим поступком: координати y се најпре одузима број зоне и вредност смањује за 500000 метара, а потом се обе вредности координата **деле** са m_0 = 0,9999.

3.2 Попречна Меркаторова пројекција и *UTM* систем

Гаус-Кригерова пројекција се у свету користила и користи у неколико варијанти; варијанте се међусобно разликују углавном према ширини зоне пресликавања (2˚, 3˚, 4˚, 6˚) и размери дуж средњег меридијана (1,0; 0,9999; 0,9996).

Уз те разлике иду и разлике у називу пројекције; Италија, на пример, своју пројекцију назива Гаус-Боаговом, где је Кригера заменио италијански геодета Ђ. Боага[17].

У енглеском говорном подручју се за Гаус-Кригерову пројекцију користи назив *Transverse Mercator* (попречна Меркаторова пројекција). У новије доба се под попречном Меркаторовом пројекцијом готово увек сматра варијанта Гаус-Кригерове пројекције са ширином зоне 6˚ и линеарним модулом дуж средњег меридијана m_0 = 0,9996. Томе је допринела и чињеница да ова варијанта Гаус-Кригерове пројекције чини основу система за позиционирање тачака у правоуглом координатном систему који обухвата целу Земљу, по чему је систем и добио назив: *Universal Tranverse Mercator (UTM)*[18]. И у овом уџбенику се под попречном Меркаторовом пројекцијом подразумева Гаус-Кригерова пројекција са ширином зоне 6˚ и линеарним модулом дуж средњег меридијана m_0 = 0,9996.

Осим по ширини зоне и линеарном модулу дуж средњег меридијана, ова варијанта пројекције се од наше разликује и по неким елементима дефиниције координатног система. То проистиче из начина њене употребе у систему *UTM*.

Систем *UTM* чини 60 шестостепених попречних Меркаторових пројекција (зона) које се користе за позиционирање тачака у појасу од 80˚ јужне географске ширине до 84˚ северне

[17] *Giovanni Boaga*, 1902–1961.
[18] *UTM* систем је развила војска САД, 1947. године. Убрзо је постао и стандард за чланице НАТО-а, па се проширио не само на друге војне савезе, већ је добио и цивилну примену.

географске ширине; због велике конвергенције Гаус-Кригерове пројекције у поларним подручјима, поларне капе се приказују у стереографској пројекцији, као посебни координатни системи[19].

Слика 3-9: Шематски приказ попречних Меркаторових пројекција у систему UTM

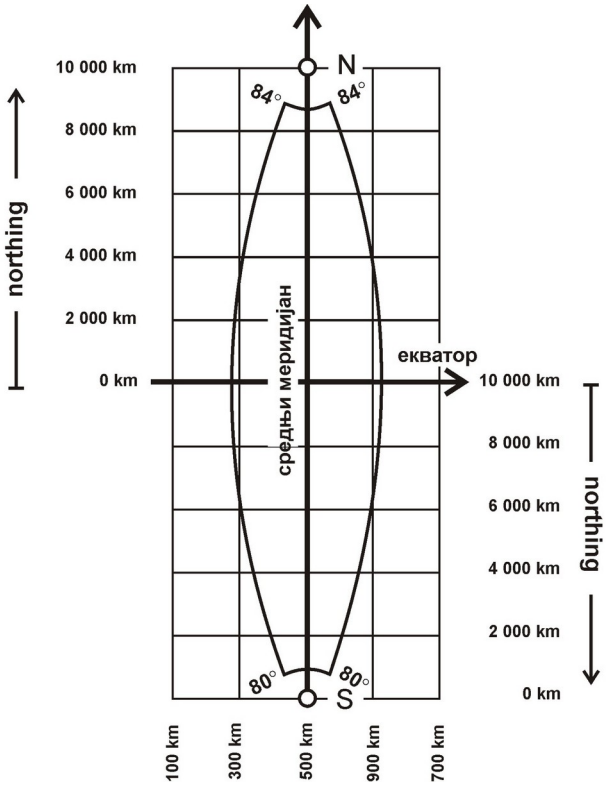
Зоне су означене бројевима од 1 до 60 који расту до истока ка западу; бројање зона почиње од Међународне датумске границе (180˚ западне геодетске дужине), која је заједничка граница зоне 60. и 1. зоне.

> Бројање зона почиње од Међународне датумске границе (180˚ западне геодетске дужине), која је заједничка граница зоне 60 и зоне 1. Дакле, прва зона се простире од 180˚ до 174˚ западне географске ширине.

За сваку зону је дефинисан идентични координатни систем: пројекција средњег меридијана чини X- осу, а пројекција екватора Y- осу; исходиште система је у њиховом пресеку. Апсцисе *N* (*northing*) се рачунају од екватора, а да би се избегле негативне вредности јужно од екватора, екватору се додаје вредност 10 000 000 m (тзв. *false northing*); она се користи само за рачунање координата јужно од екватора; за

[19] у тзв. Светској поларној стереографској пројекцији *UPS (Universal Polar Stereographic*).

тачке северно од екватора апсцисе почињу од нуле. Ординате *E* (*easting*) се рачунају од средњег меридијана зоне, а да би се избегле негативне вредности ордината тачака западно од средњег меридијана, сваки средњи меридијан добија по ординати уместо вредности нула вредност 500 000 метара, као код нас (тзв. *false easting*).

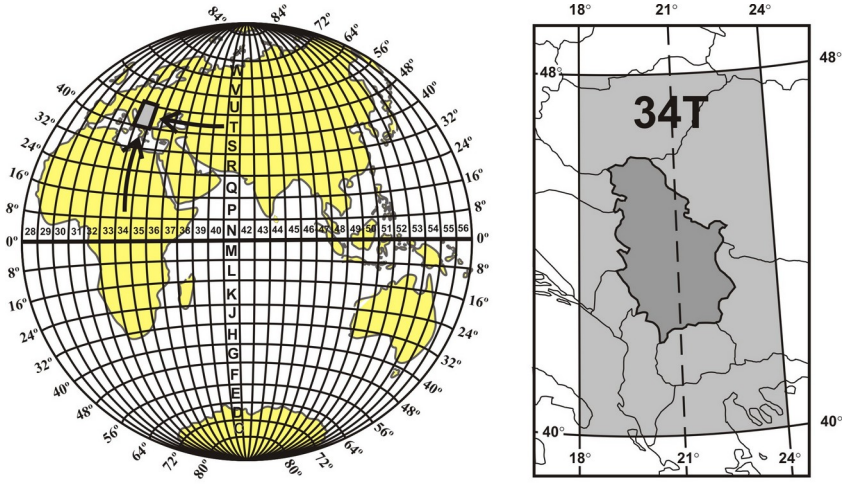


Слика 3-10: Координатни систем зоне попречне Меркаторове пројекције у систему UTM

Свака зона је подељена на 20 трапеза висине 8°, који почињу од 80° S и иду до 84° N. Они су, од југа ка северу, означени великим словима енглеске абецеде од *C* до *X*; слова *I* и *O* су изостављена да се не би мешала са бројевима 1 и 0, док су слова *A* и *B* резервисана за зоне стереографских пројекција на половима[20].

[20] Најсевернији трапез, означен са X, има висину 12°.

Према овој подели, Србија се налази у трапезу T 34. зоне, што се означава као 34T.[21]

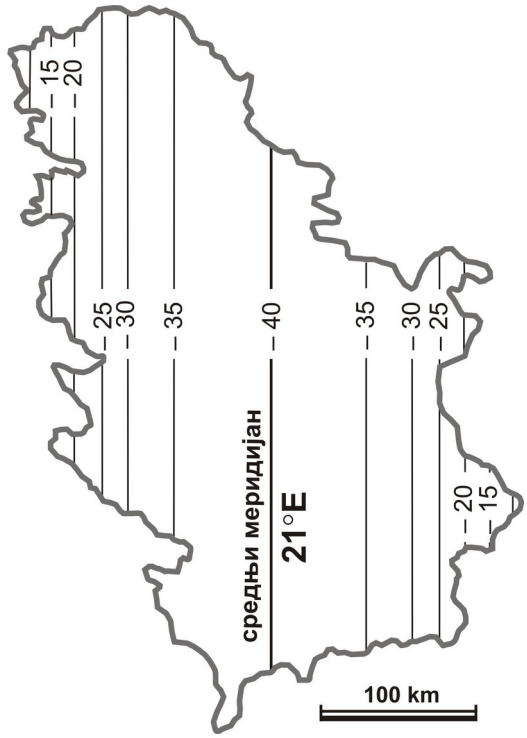


Слика 3-11: Подела зоне на трапезе и положај територије Србије

Деформације попречне Меркаторове пројекције су веће него код наше Гаус-Кригерове, јер је већа деформација дуж средњег меридијана (–40 cm/km), а зона шира. Распоред деформација је исти: са удаљавањем од средњег меридијана ка линијама пресека цилиндра и елипсоида деформације су све мање, да би на самим линијама пресека биле једнаке нули, а затим расту ка крајевима зоне (на којима имају максималних +40 cm/km).

На територији Србије су све деформације дужина негативне. Наиме, цела територија Србије се налази између две линије пресека елипсоида и цилиндра 34. зоне UTM, тако да су саме линије пресека и подручја позитивних деформација изван наше територије.

[21] Србија је 2009. године усвојила попречну Мераторову пројекцију у систему UTM као државну. Период увођења нове пројекције није завршен, тако да је Гаус-Кригерова и даље у употреби.



Слика 3-12: Распоред линеарних деформација попречне Меркаторове пројекције у систему UTM на територији Србије

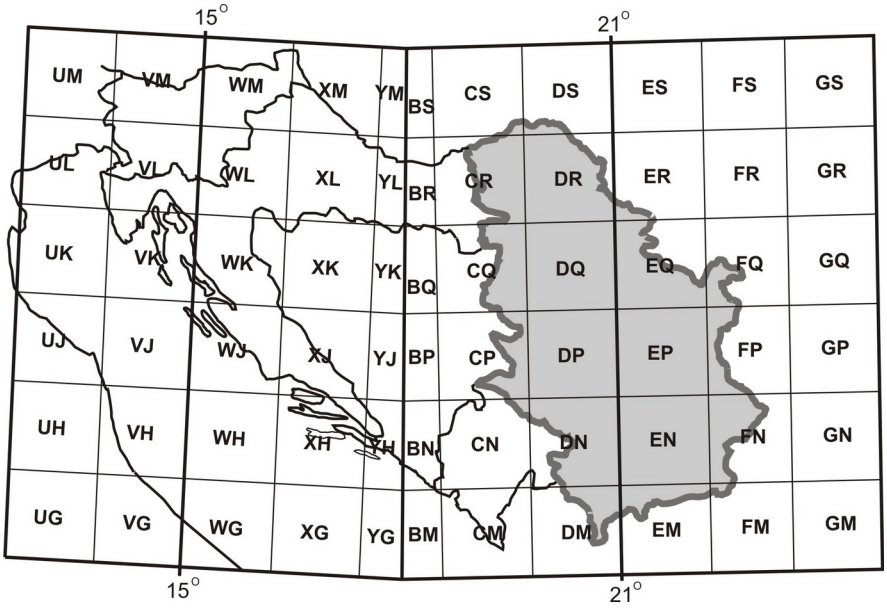
UTM систем чини основу војне правоугле координатне мреже (*Military Grid Reference System, MGRS*) коју користе *NATO* војске, али и земље чланице Партнерства за мир, мировне мисије под патронатом Уједињених нација, итд. У међусобној комуникацији и садејству војних снага различитих земаља, *MGRS* је постала исто оно што и енглески језик: својеврсни стандард дефакто. Ова мрежа је нанета и на наше војне топографске карте.

MGRS користи три степена означавања. Први степен је *UTM* систем означавања зоне и трапеза одговарајућим бројем и словом (*Grid zone designation*). Други степен означавања (*100,000-meter square identification*) који се састоји од два слова енглеске абецеде дефинише положај тачке у квадрату димензија 100 km x 100 km. Наиме, свака зона је подељена на квадрате димензија 100 km x 100 km, лево и десно од средњег меридијана зоне и северно и јужно у односу на

екватор, а сваки квадрат је означен паром великих слова енглеске абецеде (нпр.: DQ).

> Колоне се обележавају словима *A–Z* (изостављајући *I* и *O*), а редови словима *A–V*, такође без *I* и *O*. Означавање колона почиње од прве зоне *UTM*, а редова од екватора ка северу и југу. Абецедни низ колона се понавља у интервалима од 18°, а редова сваких 2000 km у односу на екватор[22].

Трећи ниво означавања су саме вредности координата тачке *E* и *N* израженим у односу на доњи леви угао квадрата 100 km x 100 km у којем се тачка налази. Координате се исписују као један број који има паран број цифара (број цифара зависи од тачности координата), где се прва половина цифара односи на вредност E, а друга на N.



Слика 3-13: Означавање квадрата 100 km x 100 km у зонама 33T и 34T

На пример:

[22] Понављање квадрата са истим ознакама би било учесталије да се не примењују одређена правила која се односе на померање почетка абецедног низа за (10 места) и правила која зависе од тога да ли је зона парна или непарна; но, детаљнија образложења превазилазе потребе овог уџбеника.

34TDQ6682453484 – тачност 1 метар

34TDQ66825348 – тачност 10 метара

34TDQ668534 – тачност 100 метара

34TDQ6653 – тачност 1 000 метара (један километар)

34TDQ65 – тачност 10 000 метара (10 километара)

34TDQ – тачност 100 000 метара 100 километара),

где је:

34T – ознака првог степена, број зоне и трапеза у UTM систему,

DQ – ознака квадрата 100 km x 100 km у којем се тачка налази,

и, у случају када су E и N дате са тачношћу од једног метра:

66824 – E (easting)

53484 – N (*northing*)

3.2.1 Стандардне ознаке и формуле за рачунања у попречној Меркаторовој пројекцији која је део *UTM* система

а) параметри који се односе на елипсоид

a – велика полуоса елипсоида

b – мала полуоса елипсоида

f – спљоштеност елипсоида, $f = \frac{a - b}{a}$

e^2 – први ексцентрицитет, $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$

e'^2 – други ексцентрицитет, $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$

$$n = \frac{a - b}{a + b}$$

ρ – радијус кривине меридијана,

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}}$$

υ – радијус кривине првог вертикала,

$$\upsilon = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}}$$

S – лук меридијана од екватора,

$$S = A'\phi - B'\sin 2\phi + C'\sin 4\phi - D'\sin 6\phi + E'\sin 8\phi$$

где су:

$$A' = a\left[1 - n + \frac{5}{4}(n^2 - n^3) + \frac{81}{64}(n^4 - n^5) + \ldots\right]$$

$$B' = \frac{3}{2}a\left[n - n^2 + \frac{7}{8}(n^3 - n^4) + \frac{55}{64}n^5 + \ldots\right]$$

$$C' = \frac{15}{16}a\left[n^2 - n^3 + \frac{3}{4}(n^4 - n^5) + \ldots\right]$$

$$D' = \frac{35}{48}a\left[n^3 - n^4 + \frac{11}{16}n^5 + \ldots\right]$$

$$E' = \frac{315}{512}a\left[n^4 - n^5 + \ldots\right]$$

б) параметри који се односе на пројекцију

ϕ – географска ширина тачке

λ – географска дужина тачке

ϕ' – помоћна географска ширина *(foot-point latitude)*

λ_0 – географска дужина средњег меридијана

$\Delta\lambda$ = $\lambda - \lambda_0$ (разлика дужина тачке и средњег меридијана)

k_0 = 0,9996 (фактор размере на средњем меридијану)

k – фактор размере у разматраној тачки

FE – false easting

FN – false northing

E – easting

N – northing

ΔE = E – FE

C – конвергенција меридијана

Помоћна географска ширина ϕ' *(foot-point latitude)* је географска ширина подножја управне повучене из посматране тачке на пројекцију средњег меридијана. Она се може срачунати итеративно, полазећи од величине T1 = $S \cdot k_0$, али и директно, према:

$$\phi' = \sigma + \left(\frac{3n}{2} - \frac{27n^3}{32} \right) \sin 2\sigma + \left(\frac{21n^2}{16} - \frac{55n^4}{32} \right) \sin 4\sigma + \frac{151n^3}{96} \sin 6\sigma + \frac{1097n^4}{512} s$$

где је:

$$\sigma = \frac{m \cdot \pi}{180G} \quad ; \qquad G = a \cdot (1 - n) \cdot (1 - n^2) \cdot \left(1 + \frac{9}{4} n^2 + \frac{225}{64} n^4 \right) \cdot \frac{\pi}{180} \quad ;$$

$$m = \frac{N}{k_0}$$

Остали параметри су:

$$T1 = Sk_0$$

$$T2 = \frac{\upsilon \sin\phi \cos\phi k_0}{2}$$

$$T3 = \frac{\upsilon \sin\phi \cos^3\phi k_0}{24}\left(5 - \tan^2\phi + 9e'^2\cos^2\phi + 4e'^4\cos^4\phi\right)$$

$$T4 = \frac{\upsilon \sin\phi \cos^5\phi k_0}{720}(61 - 58\tan^2\phi + \tan^4\phi + 270e'^2\cos^2\phi - 330\tan^2\phi e'^2 c$$
$$+ 445e'^4\cos^4\phi + 324e'^6\cos^6\phi - 680\tan^2\phi e'^4\cos^4\phi + 88e'^8\cos^8\phi -$$
$$- 600\tan^2\phi e'^6\cos^6\phi - 192\tan^2\phi e'^8\cos^8\phi)$$

$$T5 = \frac{\upsilon \sin\phi \cos^7\phi k_0}{40320}\left(1385 - 3111\tan^2\phi + 543\tan^4\phi - \tan^6\phi\right)$$

$$T6 = \upsilon \cos\phi k_0$$

$$T7 = \frac{\upsilon \cos^3 \phi k_0 \left(1 - \tan^2 \phi + e'^2 \cos^2 \phi\right)}{6}$$

$$T8 = \frac{\upsilon \cos^5 \phi k_0}{120} (5 - 18\tan^2 \phi + \tan^4 \phi + 14e'^2 \cos^2 \phi - 58\tan^2 \phi e'^2 \cos^2 \phi + \\ + 13e'^4 \cos^4 \phi + 4e'^6 \cos^6 \phi - 64\tan^2 \phi e'^4 \cos^4 \phi - 24\tan^2 \phi e'^6 \cos^6 \phi)$$

$$T9 = \frac{\upsilon \cos^7 \phi k_0 \left(61 - 479\tan^2 \phi + 179\tan^4 \phi - \tan^6 \phi\right)}{5040}$$

$$T10 = \frac{\tan\phi'}{2\rho\upsilon k_0^2}$$

$$T11 = \frac{\tan\phi'}{24\rho\upsilon^3 k_0^4} \left(5 + 3\tan^2 \phi' + e'^2 \cos^2 \phi' - 4e'^4 \cos^4 \phi' - 9\tan^2 \phi' e'^2 \cos^2 \phi'\right)$$

$$T12 = \frac{\tan\phi'}{720\rho\upsilon^5 k_0^5} (5 + 90\tan^2 \phi' + 46e'^2 \cos^2 \phi' - 45\tan^4 \phi' - 252\tan^2 \phi' e'^2 co \\ - 3e'^4 \cos^4 \phi' + 100e'^6 \cos^6 \phi' - 66\tan^2 \phi' e'^4 \cos^4 \phi' - 90\tan^4 \phi' e'^6 co \\ + 225\tan^4 \phi' e'^4 \cos^4 \phi' + 84\tan^2 \phi' e'^6 \cos^6 \phi' - 192\tan^2 \phi' e'^8 \cos^8 \phi'$$

$$T13 = \frac{\tan\phi'}{40320\rho\upsilon^7 k_0^8} \left(1385 + 3633\tan^2 \phi' + 4095\tan^4 \phi' + 1575\tan^6 \phi'\right)$$

$$T14 = \frac{1}{2\upsilon \cos\phi' k_0}$$

$$T15 = \frac{1}{6\upsilon^3 \cos\phi' k_0^3} \left(1 + 2\tan^2 \phi' + e'^2 \cos^2 \phi'\right)$$

$$T16 = \frac{1}{120\upsilon^5 \cos\phi' k_0^5} (5 + 6e'\cos^2 \phi' + 28\tan^2 \phi' - 3e'^4 \cos^4 \phi' + 8\tan^2 \phi' e'^2 c \\ + 24\tan^4 \phi' - 4e'^6 \cos^6 \phi' + 8\tan^2 \phi' e'^4 \cos^4 \phi' + 24\tan^2 \phi' e'^6 \cos^6 \phi')$$

$$T17 = \frac{1}{5040\upsilon^7 \cos\phi' k_0^7} \left(61 + 662\tan^2 \phi' + 1320\tan^4 \phi' + 720\tan^6 \phi'\right)$$

$$T18 = \sin\phi$$

$$T19 = \frac{\sin\phi\cos^2\phi}{3}\left(1 + 3e'^2\cos^2\phi + 2e'^4\cos^4\phi\right)$$

$$T20 = \frac{\sin\phi\cos^6\phi}{15}(2 - \tan^2\phi + 15e'^2\cos^2\phi + 35e'^4\cos^4\phi - 15\tan^2\phi e'^2\cos$$
$$+ 33e'^6\cos^6\phi - 50\tan^2\phi e'^4\cos^4\phi + 11e'^8\cos^8\phi) - 60\tan^2\phi e'^6\cos^6$$
$$- 24\tan^2\phi e'^8\cos^8\phi)$$

$$T21 = \frac{\sin\phi\cos^6\phi}{315}\left(17 - 26\tan^2\phi + 2\tan^4\phi\right)$$

$$T22 = \frac{\tan\phi'}{\upsilon k_0}$$

$$T23 = \frac{\tan\phi'}{3\upsilon^3 k_0^3}\left(1 + \tan^2\phi' - e'^2\cos^2\phi' - 2e'^4\cos^4\phi'\right)$$

$$T24 = \frac{\tan\phi'}{15\upsilon^5 k_0^5}(2 + 5\tan^2\phi' - 2e'^2\cos^2\phi' + 3\tan^4\phi' + \tan^2\phi' e'^2\cos^2\phi' + 9e$$
$$+ 20e'^6\cos^6\phi' - 7\tan^2\phi' e'^4\cos^4\phi' - 27\tan^2\phi' e'^6\cos^6\phi' + 11e'^8\cos$$
$$- 24\tan^2\phi' e'^8\cos^8\phi')$$

$$T25 = \frac{\tan\phi'}{315\upsilon^7 k_0^7}\left(17 + 77\tan^2\phi' + 105\tan^4\phi' + 45\tan^6\phi'\right)$$

$$T26 = \frac{\cos^2\phi}{2}\left(1 + e'^2\cos^2\phi\right)$$

$$T27 = \frac{\cos^2\phi}{24}(5 - 4\tan^2\phi + 14e'^2\cos^2\phi + 13e'^4\cos^4\phi - 28\tan^2\phi e'^2\cos^2\phi +$$
$$+ 4e'^6\cos^6\phi - 48\tan^2\phi e'^4\cos^4\phi - 24\tan^2\phi e'^6\cos^6\phi)$$

$$T28 = \frac{\cos^6\phi}{720}\left(61 - 148\tan^2\phi + 16\tan^4\phi\right)$$

$$T29 = \frac{1}{2\upsilon^2 k_0^2}\left(1 + e'^2 \cos^2\phi\right)$$

$$T30 = \frac{1}{24\upsilon^4 k_0^4}(1 + 6e'^2\cos^2\phi + 9e'^4\cos^4\phi + 4e'^6\cos^6\phi - 24\tan^2\phi' e'^4\cos^4\phi$$
$$- 24\tan^2\phi' e'^6\cos^6\phi')$$

$$T31 = \frac{1}{720\upsilon^6 k_0^6}$$

3.2.2 Основне формуле и рачунања

Рачунање правоуглих координата на основу географских координата (прави задатак)

$$N = FN + \left(T1 + \Delta\lambda^2 T2 + \Delta\lambda^4 T3 + \Delta\lambda^6 T4 + \Delta\lambda^8 T5\right)$$

$$E = FE + \left(\Delta\lambda T6 + \Delta\lambda^3 T7 + \Delta\lambda^5 T8 + \Delta\lambda^7 T9\right)$$

Рачунање географских координата на основу правоуглих координата (обрнути задатак)

$$\phi = \phi' - \Delta E^2 T10 + \Delta E^4 T11 - \Delta E^6 T12 + \Delta E^8 T13$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta E T14 - \Delta E^3 T15 + \Delta E^5 T16 - \Delta E^7 T17$$

Конвергенција меридијана на основу правоуглих координата

$$C = \Delta E T22 - \Delta E^3 T23 + \Delta E^5 T24 - \Delta E^7 T25$$

Конвергенција меридијана на основу географских координата

$$C = \Delta\lambda T18 + \Delta\lambda^3 T19 + \Delta\lambda^5 T20 + \Delta\lambda^7 T21$$

Фактор размере на основу правоуглих координата

$$k = k_0\left(1 + \Delta\lambda^2 T26 + \Delta\lambda^4 T27 + \Delta\lambda^6 T28\right)$$

Фактор размере на основу географских координата

$$k = k_0\left(1 + \Delta E^2 T29 + \Delta E^4 T30 + \Delta E^6 T31\right)$$

4. ГЕОГРАФСКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ

Географски елементи су најважнији део општегеографске карте, оно по чему препознајемо карту.

У географске елементе карте спадају:

- Хидрографија
- Рељеф
- Тло и вегетација
- Насељена места
- Објекти
- Саобраћајнице
- Границе и ограде
- Географски називи (географска имена)

Немају све карте све наведене елементе; то зависи од размере и намене конкретне карте. На пример, топографске карте обично имају све набројане елементе, прегледне и ситноразмерне географске карте немају објекте, тло и вегетациони покривач, итд.

4.1 Хидрографија

Хидрографија је у картографији скупни појам за све воде и водне (хидротехничке) објекте[23]: мора, језера, баре, локве, рибњаке, реке, потоке, канале, изворе, чесме, бунаре, цистерне, резервоаре, црпке, водоводе, као и разне објекте на мору и рекама којима се указује на морске и речне карактеристике.

Осим несумњивог економског и привредног значаја, воде утичу на изглед и развој другух географских елемената (рељефа, насеља, вегетације, саобраћајнице), па за картографа имају посебан значај.

Хидрографија се често **исцртава прва** и служи као основа за приказивање осталих елемената; зато се инсистира на тачности њеног положаја.

Ради прегледности и лакшег изучавања, хидрографија се у картографији **класификује на:**

- стајаће воде и детаљи на њима,
- текуће воде и детаљи на њима и
- воде за пиће и објекти за воду.

У **стајаће воде спадају**: мора, језера, баре, локве и рибњаци.

Њихово представљање на картама се састоји од представљања обале и водене површи, углавном нијансама плаве боје.

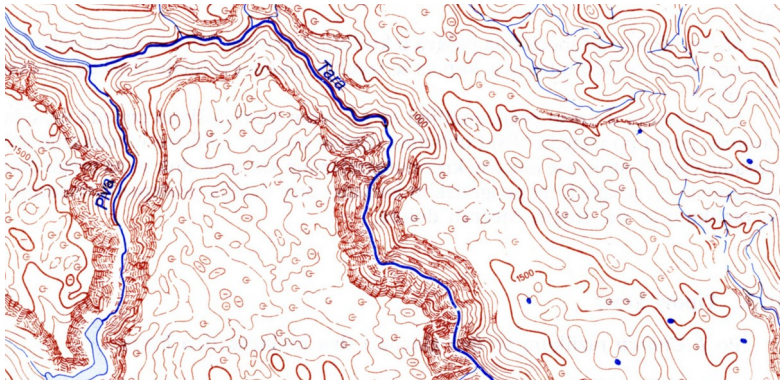
Основа за сва представљања јесте обална линија, линија додира копна и воде. Та се линија на мору мења услед промене водостаја (плима и осека), а на картама се приказује само један ниво водостаја. На топографским картама то је

[23] Водни објекти су грађевински и други објекти који служе за коришћење воде, пловидбу, заштиту од штетног дејства воде (поплава, бујица и ерозије), заштиту вода и друге облике водне делатности.

ниво мора за време плиме, а на хидрографским картама линија ниске воде (и то средње ниске воде, тзв. хидрографска нула); обална линија природних језера одговара средњем стању нивоа (водостају) воде, а код вештачких језера се приказује линија која одговара максималној висини акумулације.

Обална линија се на карти приказује са свим детаљима који карактеришу њен облик и величину, обично пуном линијом плаве боје (тамније нијансе од водене површине).

Слика 4-1: Хидрографија на равничастом земљипту, на делу листа TK100/II Koprivnica
(Анђелић, 1990)



Слика 4-2: Хидрографија на планинском земљишту, на делу листа TK200/II Nikšić
(Анђелић, 1990)

Осим тога, за море и већа језера се дају и подаци о дубини, пловности и подводном рељефу (дубинским котама,

изобатама и слојевима). За језера се дају и подаци о надморској висини нивоа воде, најчешће испод назива у загради.

Баре и локве приказују се на картама само обалном линијом без других детаља. Код рибњака се, поред обалне линије и површине под водом, приказују и насипи, уставе и други уређаји.

У **текуће воде спадају** реке, потоци и канали.

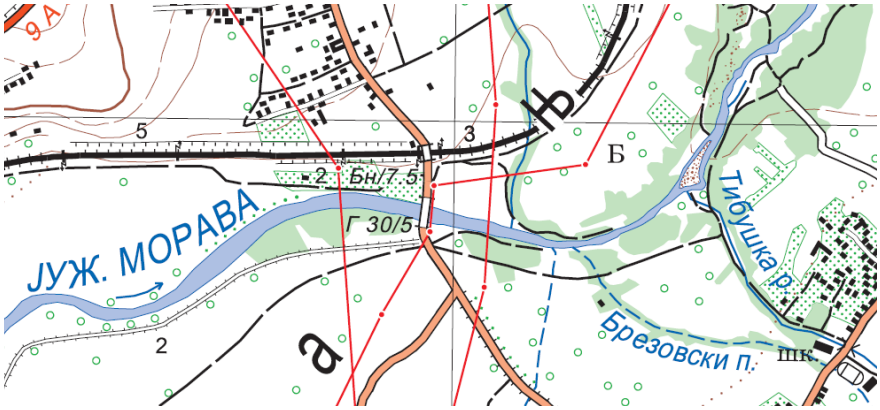
На топографским картама се приказују следеће карактеристике текућих вода:

- правац тока, протезање и контуре корита, са свим кривинама,
- ширина корита и пловност,
- разне природне карактеристике (рачвања, острва, спрудови...),
- карактеристични поремећаји речног тока (водопади, каскаде...),
- могућност прелаза (газови, скеле,...),
- карактер обала и могућност приступа реци (високе, ниске; благе, стрме...),
- карактер тла (песак, мочвара, стене, стараче),
- сви значајни објекти: уставе, мостови, црпке, пристаништа...
- вештачки објекти за заштиту обала од рушења,
- облик долина и друге карактеристике слива, итд.

Главне карактеристике сваке реке, потока и канала су општи правац протезања и веће или мање кривудање корита.

На карти се реке које стално имају воде представљају пуним линијама, а оне које повремено пресушују испрекиданим; понорницама се ток прекида на месту где пониру.

Корито се представља једном линијом чија дебљина расте од извора ка ушћу или двема линијама, у складу са размером и наменом карте.

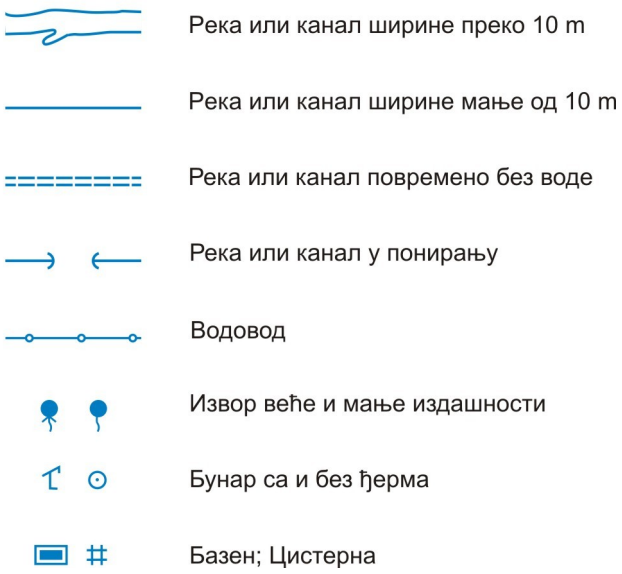


Слика 4-3: Текуће воде на делу листа ТК25/IV NK34-5/6-2-4 (Врање), Војногеографски институт, 2016. (увећан приказ)

У **објекте за воду** се убрајају објекти:

- из којих се добија вода за пиће (извори, чесме, бунари),
- у којима се скупља површинска вода (цистерне, резервоари, базени)
- којима се вода преноси на даљину (долап, црпка, водовод, тунел за воду, цеви за воду, аквадукт).

На вишебојним картама ови се објекти приказују, по правилу, плавом бојом. Изузетак су објекти за воду који су од значаја за оријентацију, који се приказују у црној боји (нпр. артешки бунар, бунар са ђермом, цистерна, црпка и аквадукт) како би се истакли у односу на друге елементе садржаја и били погоднији за картометрију.



Слика 4-4: Представљање текућих вода и хидрографских објеката на картама

4.2 Рељеф

Под рељефом се подразумева скуп облика Земљине површи, равнина и неравнина, узвишења и удубљења. Рељеф је један од најважнијих географских елемената, јер даје земљишту основну карактеристику.

Рељеф утиче на карактер и распоред других географских елемената, посебно хидрографије, насељених места и саобраћајница; зато свако изучавање земљишта почиње са изучавањем његовог рељефа.

Представљање рељефа на картама је сложен картографски задатак јер се захтева да приказ рељефа буде пластичан и да истовремено обезбеди геометријску тачност погодну за картометријске радове. Показује се да то није могуће без извесних компромиса.

Како би се рељеф што верније представио, кроз историју су стварани различити поступци, а данас се користи неколико, зависно од намене карте.

Методе представљања рељефа се деле на:

- перспективне;
- пластичне или просторне:
    - цртице или шрафе,
    - сенке и
    - слојеви;
- геометријске:
    - коте и
    - изохипсе; и
- комбинације наведених метода.

4.2.1 Перспективна метода представљања рељефа

Представљање рељефа на начин како се види из перспективе посматрача са неке висине изнад (обично) јужне линије оквира, назива се перспективним представљањем. Овим методом се приказује опште пружање планинских гребена и долина и положај појединачних врхова, понекад и облик (мада је облик чешће приказан само симболично, без особености, попут хумке), али без икаквих картометријских могућности.

Користио се до XVIII века када је почео да уступа место другим методама које су омогућавале прецизнији увид у висине и висинске разлике рељефа (шрафе, изохипсе, сенке, слојеви). Користи се и данас, посебно на неким туристичким и геоморфолошким, као и на картама у публикацијама. Но, он је сада у боји и географски веродостојнији, а користи се и у комбинацији са другим методама представљања рељефа.

Слика 4-5: Перспективна метода представљања рељефа (https://en.wikipedia.org/wiki/Siege_of_Klis)

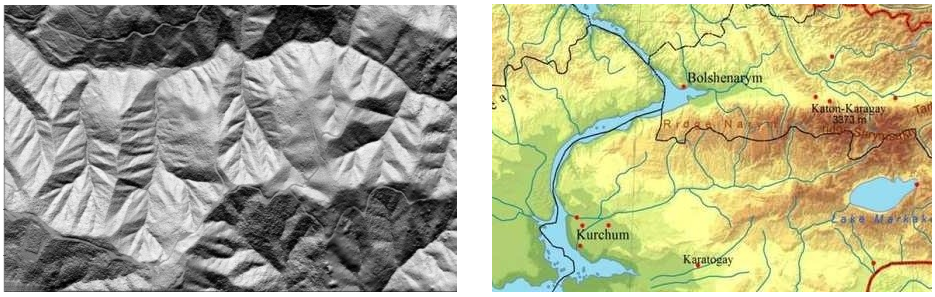
Слика 4-6: Перспективна метода на савременој карти (https://en.wikipedia.org/wiki/Heinrich_C._Berann)

4.2.2 Пластичне методе представљања рељефа

Пластичне методе омогућавају да се посматрањем карте осете простор, запремина, висина и дубина облика рељефа,

како по деловима, тако и у целини. Разликујемо пластику сенки и пластику боја.

Код пластике сенки користи се систем прелаза од светлог тона ка тамном, а код пластике боја утисак пластичности се ствара слагањем боја.

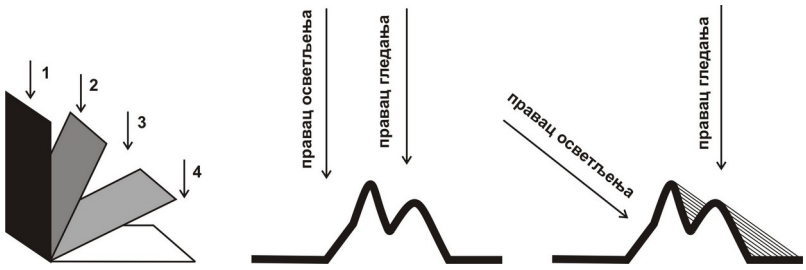


Слика 4-7: Пластика сенки и пластика боја

4.2.2.1 Пластика сенки

Основни фактор који образује разне нијансе сенки и даје осећај пластичности је правилна примена светла, тј. угла под којим пада на површ. Осветљеност је пропорционална косинусу угла, па важи правило: што је нагиб терена према зраку светлости већи – осветљеност површи је мања.

Осветљење може бити вертикално (када је извор светла у зениту) или косо, када светлосни зраци заклапају са вертикалом неки угао, најчешће око 45°; правац гледања је увек исти, вертикалан.



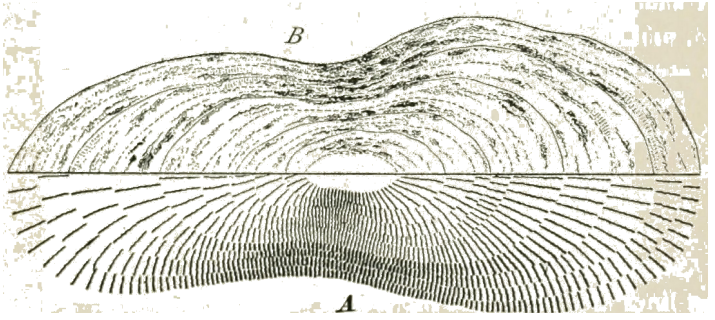
Слика 4-8: Осветљеност површина у зависности од положаја равни и праваца осветљења и гледања

Када је осветљење косо, од значаја је и са које стране долази светло. Обично се користи светло које долази из северозападног правца, с обзиром на навику корисника да им при писању светло долази косо спреда и с леве стране. Но, може усвојити и неки други правац, како би се истакле или добиле повољније димензије сенки на датој територији.

С обзиром на техничко остварење представљања рељефа на картама **методе сенчења су**:

- метода цртица или шрафа,
- метода тачкица и
- метода непрекидног тона (сенчења у ужем смислу).

Шрафе или цртице су кратке линије које се цртају у правцу највећег пада земљишта и својом дужином и дебљином изражавају нагиб земљишта, а положајем и распоредом и његов облик. На стрмим падинама су дебље и гушће, а на благим танке и размакнутије.



Слика 4-9: Представљање рељефа шрафама (А)

Ефекат сенки, односно пластичности може се остварити и **тачкицама различитих димензија и распореда**. Густина тачака варира у зависности од надморске висине области коју представљају: више надморске висине су представљене гушћим и тамнијим тачкама, док ниже надморске висине имају ређе и светлије тачке. Уместо тачака се могу користити

и различити симболи сличних величина, а сенчење може бити и вишебојно[24].

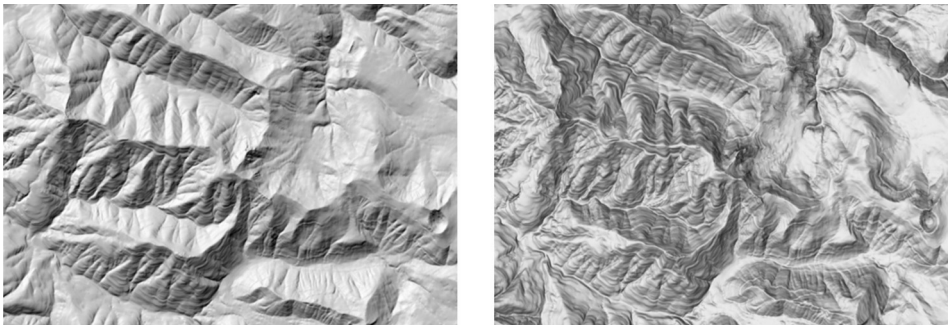
Слика 4-10: Представљање рељефа сенчењем тачкицама (https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/stippled-relief-map)

Сенчење **методом непрекидног тона** је најпрепознатљивији метод сенчења. Користи се систем тоналних прелаза од светлог ка тамном у зависности од осветљености површине: најосветљеније површине су најсветлије и обрнуто.

Сенке могу бити у тоновима сиве боје (ахроматске, *gray-scale*), у тоновима једне боје (монохроматске) или у тоновима више боја (полихроматске).

Некада је сенчење вршено мануелно, помоћу посебног прибора и захтевало је не само вештину, већ и одређен таленат. Данас се ради аутоматски, одговарајућим софтвером, на основу дигиталног модела висина. Постоје софтвери, нпр. *Esri*-јев *ArcGis Pro*, који генеришу сенке не само на основу једног извора светлости постављеног на жељеној страни и висини (тј. на традиционалан начин), већ и на основу комбиновања више извора светлости (*multidirectional*).

[24] У енглеском језику се за карту урађену овиом методом користи појам *stippled map* или *stippled relief map.*



Слика 4-11: Представљање рељефа сенчењем методом непрекидног тона, помоћу програма ArcGis Pro: са светлошћу која долази из правца северозапада (лево) и са светлошћу која долази из више праваца (десно)
(https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions)

4.2.2.2 Пластика боја

За представљање рељефа може се користи низ боја или тонова једне боје, којима се покривају поједине висинске зоне. Овакав начин представљања рељефа се назива *методом бојења по слојевима*, односно *методом хипсометријског бојења* или, још простије, *методом слојева*.

Низ боја или тонова поређаних по висинским зонама од најниже до највише чини *висинску или хипсометријску скалу*. Хипсометријска скала се обавезно приказује у легенди карте, да би се знало која боја или тон одговара којој висинској зони.

Као и сенке, и скале могу бити ахроматске, монохроматске или полихроматске. Тонови (боје) се ређају по принципу “што више то светлије” или обрнуто, по принципу “што више то тамније”).

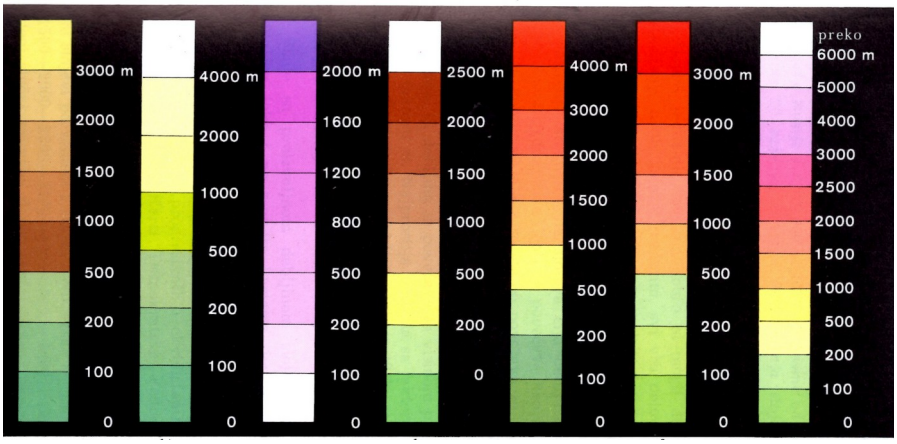
На савременим картама су хипсометријске скале најчешће вишебојне. Најпростија је од свега две боје, зелене за доње низијске зоне и смеђе за горње висијске; тонови зелене су светлији што су виши, а код смеђе је обрнуто - тонови виших слојева су све тамнији, односно засићенији. Понекад се користи и бела боја, за снегом прекривене врхове.

За представљање подводног рељефа користе се тонови плаве боје, обично по принципу ,,што дубље тим тамније”, али користи се и скала на обнутом принципу (тзв. батиметријска скала).

Слика 4-12: Метода слојева

Релативна висина, односно дебљина слојева, зависи од размере, карактера земљишта и намене карте. Дебљина слојева је исто толико важна као и боје и тонови; она мора да се прилагоди карактеру рељефа и да одражава општу рашчлањеност висина. С обзиром на дебљину разликујемо:

- слојеве једнаке дебљине (еквидистантни),
- слојеве једнаких површина,
- слојеве прогресивних дебљина и
- слојеве произвољне дебљине.



Слика 4-13: Разни типови вишебојних хипсометријских скала (Peterca i dr., 1974.)

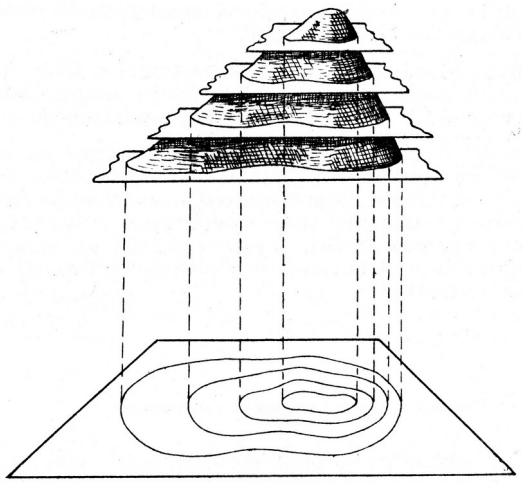
4.2.3 Геометријске методе представљања рељефа

У геометријске методе представљања рељефа убрајају се **коте** и **изохипсе;** неки аутори ту убрајају и представљање рељефа слојевима, пошто су слојеви ограничени изохипсама.

Коте су тачке којима је апсолутна висина одређена мерењем на терену. На карти се приказују у виду тачке обично црне боје са уписаном вредношћу апсолутне висину у одговарајућим мерним јединицама. Самостално се дају углавном у два случаја: на неким специјалним картама, где рељеф нема неког значаја и на поморским картама за представљање дубина рељефа морског дна. Углавном се користе у комбинацији са изохисама или шрафама.

Изохипсе или **хоризонтале** су линије на карти које повезују тачке истих апсолутних висина. Геометријски, изохипсе су хоризонталне пројекције линија пресека земљишта нивоским површима разних висина, а једнаког међусобног растојања.

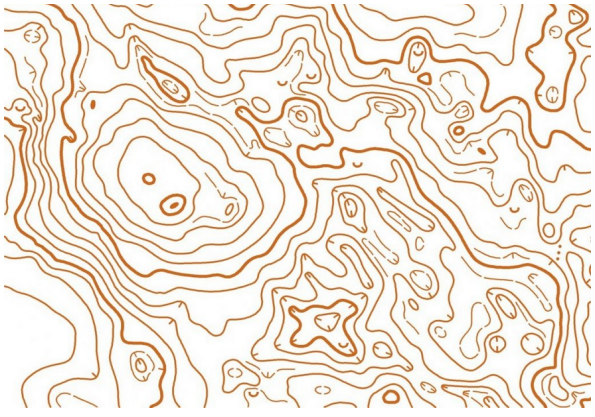
Изохипсе у комбинацији са котама су најтачнији метод представљања рељефа.



Слика 4-13: Принцип представљања рељефа изохипсама (Geografski institut JA, 1947.)

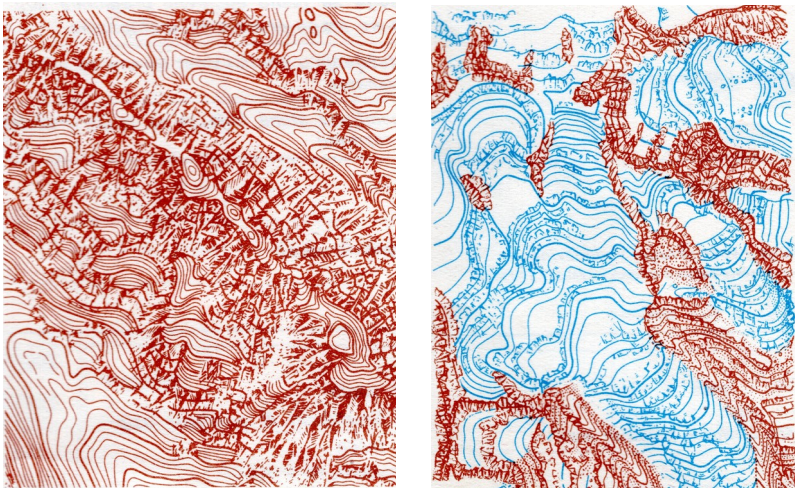
Предности изохипси су:

- дају геометријски и геоморфолошки изражену слику рељефа,
- омогућавају одређивање висина сваке тачке на карти,
- приказују правце нагиба и омогућавају одређивање углова нагиба,
- омогућавају одређивање запремина, профила, видљивости и надвишавања и
- не преоптерећују карту графички.



Слика 4-14: Рељеф представљен изохипсама

Ипак, осим што не дају потпун утисак пластичности, изохипсама се не могу изразити све карактеристике рељефа или се не могу изразити на довољно јасан начин, посебно на крашком земљишту. То се донекле превазилази коришћењем *картографских знакова и помоћних ознака*: картографским знацима за микрорељеф (нпр. вртаче), знаком „–“ који се ставља у средину малих контура да би се указало да се ради о депресији, падницама (цртицама које се постављају по линији главног пада, тј. управно на изохипсу и са стране на коју земљиште пада), цртежима који представљају стеновите одсеке и друге облике неподесне за приказ изохипсама, итд.



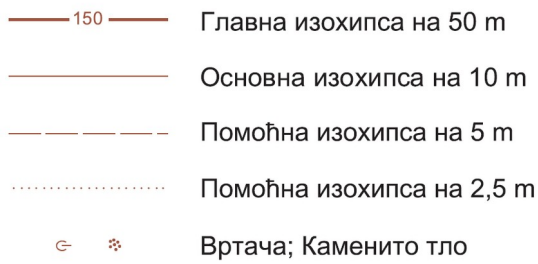
Слика 4-15: Представљања рељефа изохипсама: стеновити облици (лево) и ледници и плазине (десно) (VGI, 1964)

Висинска разлика између две суседне изохипсе се назива еквидистанција и уобичајено обележава великим словом E. Што је еквидистанција мања, то је систем изохипси гушћи, а представљање рељефа детаљније. Међутим, при избору еквидистанције се мора водити рачуна и о пројекцији изохипси у раван карте, јер се суседне изохипсе не смеју додиривати или преклапати. Хоризонтално растојање две суседне изохипсе назива се интервал. Пошто се на растојању растојању од 1 mm може провући највише пет изохипси (интервал износи 0,2 mm), минимална еквидистанција се

добија као $E = 0{,}2 \cdot M$, где је M именилац размере. Но, то је само полазна основа, јер се одлука о еквидистанцији не доноси само на основу размере, већ и намене карте и карактера рељефа на територији картирања (нагиби падина, величина и протезање рељефа, итд.).

Како год да се изабере еквидистанција, у подручјима са малим нагибима интервал између изохипси често дозвољава да се детаљи у рељефу прикажу тзв. *помоћним изохипсама*, изохипсама које имају двоструко или четвороструко мању еквидистанцију од основне. На пример, ако је основна еквидистанција E = 10 m, помоћне могу имати еквидистанцију E = 5 m и E = 2,5 m. Помоћне изохипсе се приказују испрекиданим линијама као би се разликовале од основних изохипси и међусобно.

Ради лакшег читања обично се свака пета или десета изохипса извлаче дебље од осталих, а на погодним местима се дају и висине изохипса; тежња је да се бројке постављају тако да горњом страном показују успон, а доњом пад земљишта.



Слика 4-16: Уобичајени картографски знаци за приказ рељефа изохипсама на карти 1: 25 000 издања ВГИ

На географским картама ситнијих размера може се применити **скала еквидистанција**. Њој се прибегава када на територији картирања постоје велике разлике у висинама, па би једна вредност еквидистанције или довела до слепљивања изохипси у планинском подручју или до губитка значајних детаља у равничарском, брежуљкастом и брдовитом земљишту. Стога се, на истој карти, за нижа подручја користе мање еквидистанције, а за више веће.

На пример: E = 100 m за подручја висине до 500 m, E = 500 m за подручја од 500 m до 3 000 m и E = 1 000 m за подручја преко 3 000 m. Из наведеног примера је јасно да густина скале опада са висином.

Скала еквидистанција се формира на основу детаљног изучавања промене нагиба на територији картирања, а пожељно је да садржи изохипсе висине 200 m, 500 m и 1000 m. Кад се карта издаје у више боја, изохипсе се штампају посебном (браон, сепија) бојом.

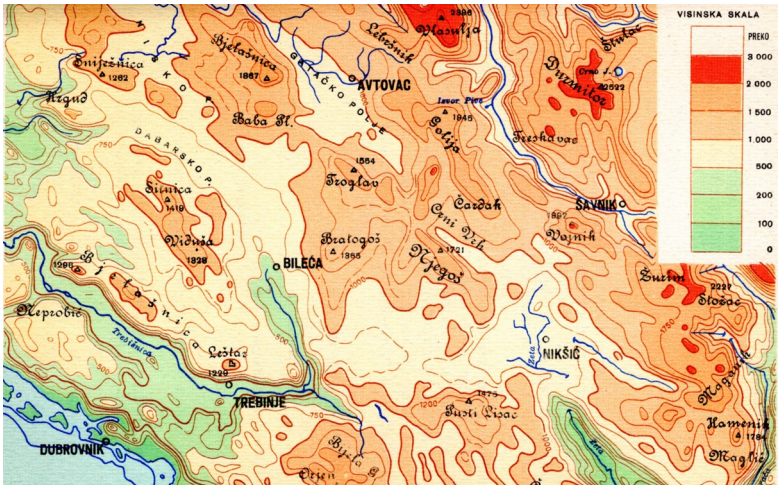
4.2.4 Комбинације геометријских и пластичних метода

Циљ комбиновања геометријских и пластичних метода јесте да се искористе добре особине једних и других, те да се добије слика рељефа која ће створити просторни утисак и истовремено давати могућности оцењивања висине сваке тачке.

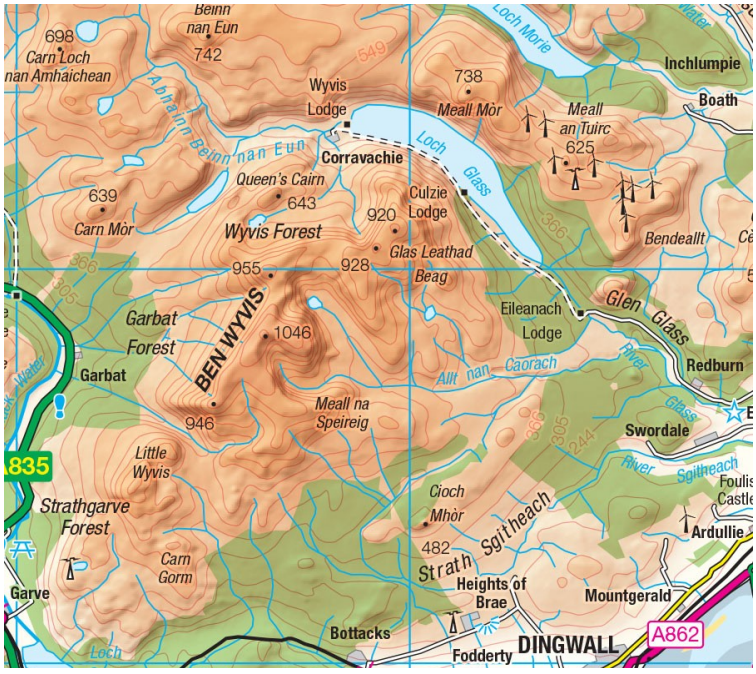
На топографским картама се могу употребити следеће комбинације:

- изохипсе и шрафе,
- изохипсе и сенке,
- изохипсе и слојеви,
- сенке и слојеви (шрафе и слојеви) и
- изохипсе, сенке и слојеви.

Подразумева се да у свим комбинацијама могу бити и коте.



Слика 4-17: Комбинација слојева, изохипси и кота (GI JNA, 1955)



Слика 4-18: Комбинација изохипси, сенки, слојева и кота (https://getoutside.ordnancesurvey.co.uk/guides/advanced-contours-and-relief/)

4.3 Тло и вегетација

Под тлом се подразумева површински слој земље. Тло се класификује углавном на три групе:

- тло под вегетацијом (самоникле и гајене вегетације),
- голо тло (песковито, шљунковито, и каменито /кршевито/)[25] и
- прелазно тло (мочваре, блатишта, сланице и сл.).

Тло и вегетација се приказују контурама које дефинишу положај, облик и димензије површи под одређеном вегетацијом и одређеном врстом тла, унутар којих се ставља односни знак. Мање површи се дају и без контуре, тј. само са знаком.

Шуме се представљају детаљно: *контуром* се дају положај, облик и димензије површи под шумом, *бојом* се указује да је унутар контуре шума, *картографским знацима* указује на врсту дрвећа (нпр. листопадно, четинарско и мешовито), а *бројчано-словним* знакама дају квантитативни подаци (просечна висина, дебљина, густина и сл.).

Жбуње се представља на сличан начин, с тим да ретко и појединачно жбуње немају контуру; посебно се издваја тешко проходно жбуње, макија.

Дрвеће се представља као појединачно, као ред или као група дрвећа.

На топографским картама ситније размере не представљају се неке карактеристике шума као ни поједине врсте вегетација. На географским картама се вегетација, по правилу, не представља.

На вишебојним картама вегетација се најчешће приказује зеленом и црном бојом.

[25] Стењаци и глечери се не третирају као тло, већ као елементи рељефа

Слика 4-19: Представљање вегетације на картама

4.4 Насељена места

Насељена места су обавезан елемент садржаја сваке општегеографске карте.

Од топографских карата се тражи да покажу следеће карактеристике насељених места:

- облик и димензије,
- унутрашњу структуру,
- тип насељеног места,
- величину с обзиром на број становника,
- значај (административни, привредни, културни) и
- однос према осталим елементима садржаја.

Код општегеографских карата отпадају прва два захтева јер, с обзиром на размеру, не могу бити задовољени.

Приликом представљања насеља на топографским картама крупнијих размера најпре се наносе они детаљи који могу да послуже као оријентири (торњеви, димњаци и сл.), потом главне улице, а онда се дају остале улице и детаљи који

одређују унутрашњу структуру места: паркови, појединачне зграде и објекти, итд.

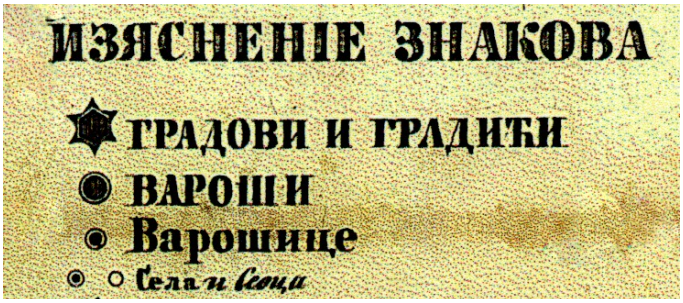
На карти размере 1: 100 000 сва насељена места могу да се прикажу контурама у размери; на карти 1: 200 000 контуре мањих места се морају мало увећати како би биле јасније и уочљивије, док се на карти 1: 300 000 већина не може представити контурама, а мања места се морају редуковати. На карти размере 1: 500 000 степен редукције мањих места је пуно већи.

На општегеографским картама насеља се приказују картографским знацима у виду кружића, сем великих градова који се обично приказују контуром, али увећано у односу на размеру. Основне карактеристике насељених места изражавају се разним облицима условних знакова и разним облицима и димензијама назива; сем тога, примењује се и подвлачење назива за указивање на административни значај насељеног места.

Насељена места на општегеографским картама групишу се по броју становника, на основу јединствене скале која се саставља у складу са размером и наменом карте, као и специфичностима насеља. При састављању скале решавају се два питања: број класа у које ће се сврстати сва места и границе интервала.

Тежи се да број класа не буде превелик (обично 6 до 10) ради лакшег коришћења и да насељена места по класама буду груписана на што бољи начин, како би места сличних квалитативних карактеристика, дошла у исте класе. Циљ је, дакле, да се мањим бројем класа постигне што повољнија диференцијација насељених места. Обично се користе произвољне скале, јер се најбоље прилагођавају специфичностима насеља и намени карте.

Слика 4-20: Примери сигнатура за класификацију насељених места према броју становника



Слика 4-21: Класификација насељених места на Карти Кнежевине Србије Јована Бугарског ≈ 1: 350 000 из 1845. године

4.5 Објекти

Објекти указују на општи карактер развијености односног дела земљишта у привредном и културно-социјалном погледу, а за корисника карте имају и додатни значај, јер могу служити за оријентацију и приликом споразумевања по карти.

Објекти се у картографији обично класификују с обзиром на намену којој служе, као:

- привредни објекти: енергетски, индустријски, пољопривредни
- социјално-културни објекти: просветни, здравствени, социјални и историјски.

На топографским картама се највећи део објеката представља ванразмерним тачкастим картографским знацима. Картографским знацима се приказују углавном категорија и положај објекта, док се детаљи квалитативног и квантитативног карактера дају скраћеницом (нпр. *Р. угља).*

Слика 4-22: Представљање објеката на картама

Објекти подлежу генерализацији више него остали елементи садржаја, тако да се на картама ситнијих размера појављују само најзначајнији и изван насељених места.

Код представљања објеката на земљишту тражи се:

- да се правилно покаже категорија објекта,
- да се тачно прикаже његов положај и
- да се правилно представе у односу на друге елементе садржаја карте.

4.6 Саобраћајнице

Под саобраћајницама (комуникацијама) се у картографији подразумевају објекти који служе **за обављање саобраћаја**.

Као основна карактеристика при класификовању саобраћајница узима се средина којом се одвија саобраћај, тако да разликујемо:

- копнене (железнице, путеве и стазе),
- водне (језерске, речне и морске),

- ваздухопловне и
- специјалне саобраћајнице.

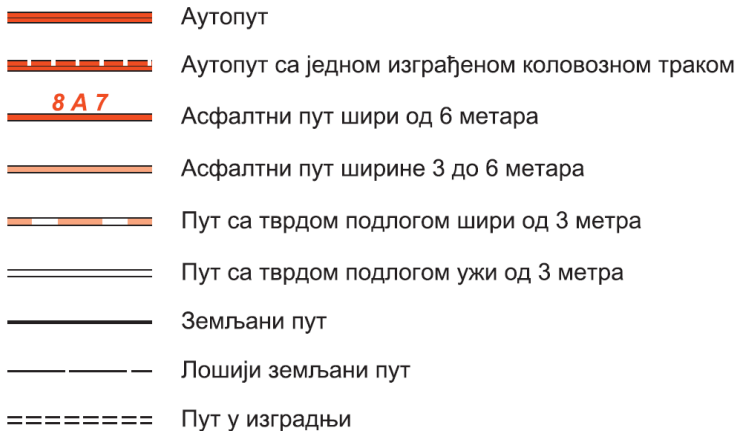
За топографске карте су интересантне све саобраћајнице које су видљиве на земљишту, а за општегеографске карте су најинтересантније копнене саобраћајнице.

Копнене саобраћајнице се представљају линијским условним знацима: једном линијом или са две или више паралелних линија.

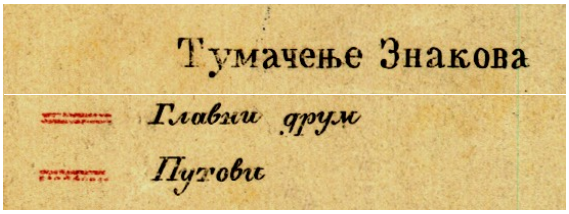
Линије могу бити различите дебљине, а по стилу могу бити непрекидне, испрекидане или тачкасте. Такви су знаци ванразмерни и не дају стварну ширину саобраћајнице. Положај саобраћајнице дефинише симетрала (оса) картографског знака.

За сваку врсту копнених саобраћајница (за јавне и колске путеве и стазе, као и за железничке пруге) постоји посебна група картографских знакова.

Путеви се класификују с обзиром на разне критеријуме: *по значају* (међународни, државни, општински и локални), *према врсти коловоза* (бетон, асфалт, коцка, макадам, земља), *према техничким карактеристикама* (ауто-путеви, путеви за мешовит саобраћај, колски путеви), итд.

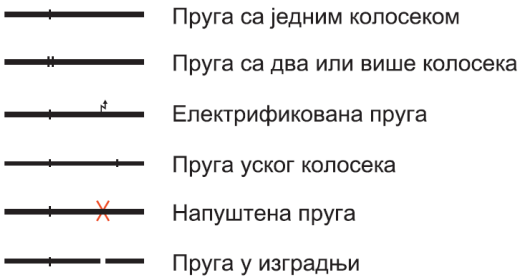


Слика 4-23: Представљање путева на картама



Слика 4-24: Класификација путева на Карти Књажевачког округа 1: 200 000 инжињеријског потпоручника Јеврема Марковића, око 1875.

Железничке пруге се на топографским картама класификују с обзиром на: *ширину колосека* (широки, уски, нормалан), *број колосека, врсту вуче* (дизел, електричне) *и стање* (у експлоатацији, у изградњи и напуштене). Овој групи копнених саобраћајница припадају и трамвајске пруге и жичане железнице.



Слика 4-25: Представљање железничких пруга на картама

Железничке пруге се обично представљају као пуне линије са карактеристичним попречним цртама. Дебљином линије се разликују нормалне пруге од уских, а бројем попречних цртица пруге са једним колосеком од оних са два или више колосека. Обавезно се приказују железничке станице и други објекти на пругама: мостови, тунели, итд. насипи, усеци, итд.

Путеви се представљају најчешће са две паралелне линије, са обојеним простором између њих. Комбинацијом растојања између линија, бојом попуне и дебљином линија указује се на квантитативне и квалитативне карактеристике пута. Поред тога, у виду објашњења даје се ширина пута, односно коловоза, и материјал од кога је грађен. И на путевима се

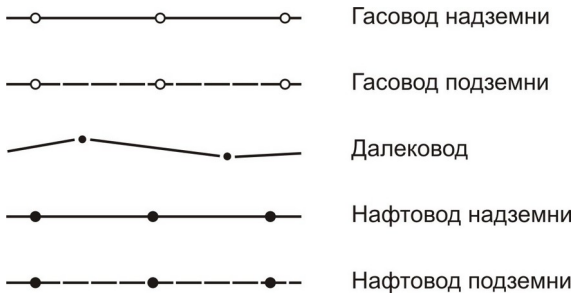
приказују разни објекти: мостови, насипи, усеци, потпорни и заштитни зидови, начин укрштања са другим саобраћајницама итд. За неке од њих могу се бројчаним и словним ознакама дати и детаљнији подаци; нпр. за мостове: дужина, ширина, носивост и материјал од кога је изграђен.

Колски путеви и стазе се обично представљају једном линијом; линије могу бити различите дебљине, а по стилу могу бити непрекидне, испрекидане или тачкасте. И на овим се саобраћајницама представљају разни објекти (мостови, насипи, усеци, газови, брвна итд.).

Водне саобраћајнице на језерима и морима се означавају посебним линијским знацима који представљају правце редовног саобраћаја; на пловним рекама и каналима такве ознаке нису потребне, довољно је посебним знаком назначити пловност реке или канала. Такође се представљају пристаништа и објекти који служе бољем искоришћавању водних саобраћајница, као и објекти који ту експлоатацију ометају.

Линије **ваздухопловних саобраћајница** се не представљају на топографским картама, али се дају објекти који служе ваздушном саобраћају, као што су аеродроми, светионици, и сл.

Од **специјалних саобраћајница** на топографским картама се представљају далеководи за транспорт електричне енергије, нафтоводи (гасоводи), водоводи и други уређаји за пренос воде и сл. Телефонске и телеграфске линије се ређе представљају, обично се дају када на ширем простору нема других објеката за оријентацију. Подводни каблови за везу острва с копном дају се не само на топографским, већ и на неким географским картама. За представљање специјалних саобраћајница користе се линијски знаци, обично без неких детаљних података.



Слика 4-26: Представљање специјалних саобраћајница на картама

4.7 Границе и ограде

Политичка и административна подела територија су такође један од редовних елемената садржаја географских и топографских карата. За саму поделу везани су и политички, односно административни центри.

У Србији се административне границе деле на:

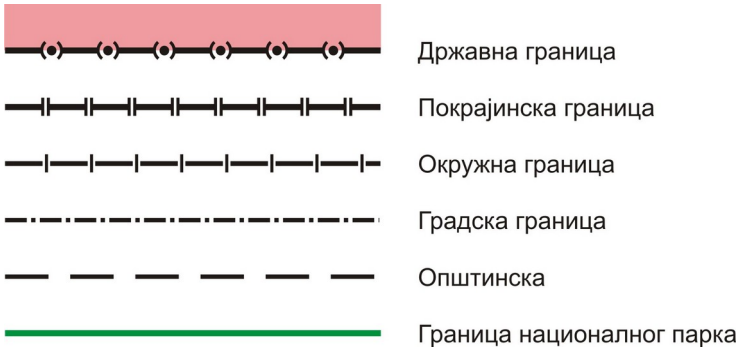
- државне,
- покрајинске,
- окружне,
- градске,
- општинске и
- границе катастарских општина.

За представљање граница користе се линије или тачке разне дебљине, обично црне или неке уочљиве боје (љубичасте, црвене, наранџасте), чија оса представља граничну линију. Поједине граничне линије (обично државна) се наглашавају уским обојеним појасом који се простире дуж целе граничне линије; користи се уочљива боја, попут љубичасте, црвене или наранџасте.

Државна граница се представља што тачније и усаглашено са осталим елементима садржаја; посебна се пажња обраћа да тачке прелома буду тачно на својим местима и да линија која их спаја буде стварно права. За сваки објекат поред границе мора да буде увек јасно којој страни припада, а ако је објекат заједнички па граница иде преко њега, и то се на карти мора представити.

Кад граница иде поред пута, реке или неког другог елемента приказаног линијом, знак за границу се поставља тако да је јасно којој страни шта припада. Ако граница иде матицом реке која се представља на карти у размери, знак за границу се црта на самој реци. Ако граница иде средином реке која се представља ванразмерним знаком, пута или неког другог линијског елемента, знак се налази час с једне час с друге стране.

Остале границе се на картама дају такође тачно по положају. Оне се подударају са границама катастарских општина, па су видно обележене на земљишту.

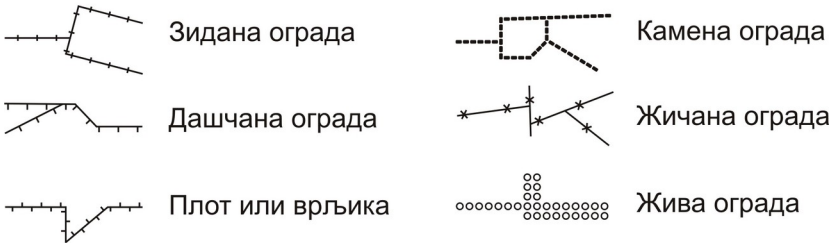


Слика 4-27: Представљање граница на картама

На топографским картама се представљају и разне врсте **ограда**:

- зидане, ограде од камена, цигле,
- гвоздене, ограде од жице,
- дрвене, од дасака, плот, врљике и
- живе ограде.

Ограде имају линијски карактер, те се представљају линијским знацима. Приказују се само на крупноразмерним топографским картама; смањивањем размере знатно се генералишу, па их на прегледним топографским картама нема.



Слика 4-28: Представљање ограда на картама

4.8 Географски називи (географска имена)

У картографији се истиче двојаки значај географских назива (топонима): практични и научни.

Практичан значај се огледа у лакшем споразумевању и информисању приликом коришћења карте у бироу, као и у лакшем налажењу траженог објекта на терену. Научни значај проистиче из чињенице да се називи, са једне стране, временом мењају због разних узрока, а са друге да има назива који су надживели не само оне народе који су их дали, већ и језике на којима су настали, што их чини изворима за разна проучавања (географска, лингвистичка, историјска, итд).

Стога су географски називи – њихова стандардизација, прикупљање, класификовање, начин исписивања итд. – предмет стандардизације и нормативног регулисања на међународном, регионалном и националном нивоу и саставни су део глобалне, регионалне и националне инфраструктуре геопросторних података.

> Научна дисциплина која се бави проучавањем назива: њиховог настанка и развитка (мењања), значења, лексичког састава и граматичког обликовања, изговора (фонетике) и начина исписивања (ортографије) у изворном језичком облику и у транскрипцији из једног језика у други, зове се **топонимика** или **топономастика.**
>
> Добар картограф мора да познаје основе топонимике исто онако као што је потребно да познаје основе геоморфологије да би могао правилно да прикаже рељефне облике на карти; такође, без познавања лексичких основа назива као и граматике и правописа немогуће је правилно исписивање назива.

На картама се географски називи класификују по елементима садржаја на које се односе, на:

- **хидрониме**: називе вода (грч. *хидро* – вода)
- **ороними**е: називе облика рељефа (грч. *орос* – брдо)
- **оикониме**: називе насеља (грч. *оикос* – кућа)
- **регионими**е: називе ораница, ливада, пашњака, воћњака, винограда, шума и већих територијалних целина (лат. *regio* – област)
- **хороними**е (**територионими**е): називе подручја под управом неке територијалне јединице, нпр. називи земаља, покрајина, области, предела... (грч. *хора* – област; лат. *territorium* – земљиште)
- **ходониме**: називе саобраћајница (грч. *ходос* – пут)

На карти се не дају сви називи који се налазе на земљишту, већ само они који су неопходни с обзиром на размеру и намену карте и карактер земљишта.

Карте крупније размере дају за одређену територију много више назива него карте ситније размере; међутим, њихов број не опада пропорционално смањењу површине. Зависност броја назива од карактера земљишта је лако разумљива: на брежуљкастом и густо насељеном земљишту има више назива него на слабо насељеном високопланинском земљишту; у првом случају ће преовладавати топоними, а у другом ороними.

Тежња да се на карти да што више назива доводи до графичког оптерећења који потискује остали садржај, па карта постаје нејасна, непрегледна; не ваља ни друга крајност, када карта постане оскудна у називима и тиме мање информативна. Не треба тежити ни равномерном распореду назива на карти, јер они најчешће нису тако распоређени на земљишту.

4.8.1 Врсте слова за називе и њихово позиционирање

Називи на картама се најчешће пишу посебним врстама слова која се због тога зову картографским словима. Број врста на топографским картама се ограничава на две до пет, изузетно и више, а максимално шест. Осим у основном облику, слова могу бити и подебљана (**болд**) и/или у курзиву (*италик*), а могу бити и у различитим бојама.

Положај и распоред назива на карти треба да испуни следеће захтеве:

- назив мора да буде постављен тако да не постоји сумња на што се односи
- назив не сме да покрије важне детаље садржаја карте и
- распоред назива треба да одражава распоред и густину топографских елемената на земљишту, на које се називи односе.

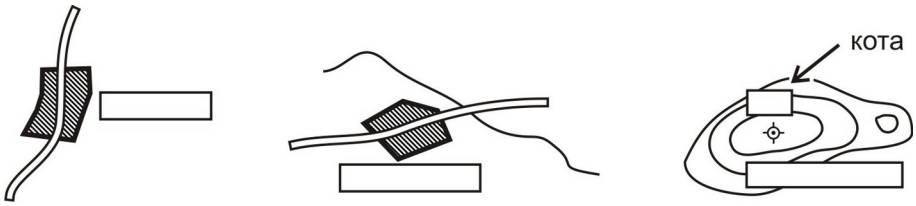
Опште је настојање да се на картама, где год је могуће, избегне укрштање назива.

Називи се постављају **позиционо, линеарно** или **ареално**.

Позиционо се постављају називи који се односе на објекте представљене ванразмерним условним знацима и на објекте мале површине (називи градова, варошица, села, објеката, малих језера, острва, врхова итд.); они се постављају источно

од знака на који се односе. Ако се назив не може поставити на том месту, бира се друго погодно место, према следећим приоритетима: најпре североисточно, па југоисточно, јужно и на крају северно; ако не може ни на једном од ових места, поставља се тамо где може, тј. тамо где неће ометати читање садржаја карте.

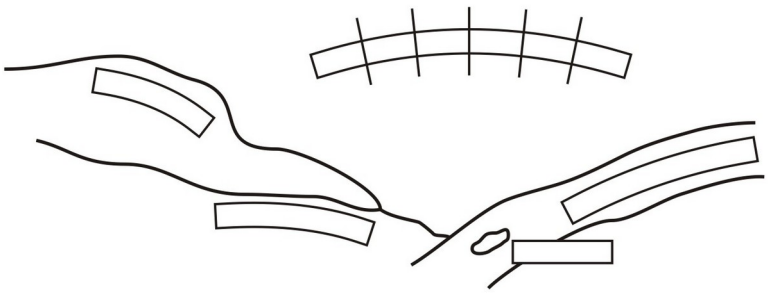
Позиционо постављени називи су **хоризонтални**, паралелни са северним (јужним) оквиром карте и са словима на нормалном размаку.



Слика 4-29: Позиционо постављање назива

Линеарно се постављају називи који се односе на линијске елементе садржаја карте (реке, потоци, канали, путеви итд.); они се исписују **паралелно са линијским знаком** таквог елемента или **дуж осе** линијског елемента ако је он представљен у размери карте (река у размеру, итд).

И линеарно постављени називи пишу се словима на нормалном размаку, али они прате кривину линије у виду простог лука (назив треба да прати само главну кривину и у благом луку, а не и разне ситне кривине). Слова се оријентишу у односу на управну подигнуту на елемент лука на месту слова.

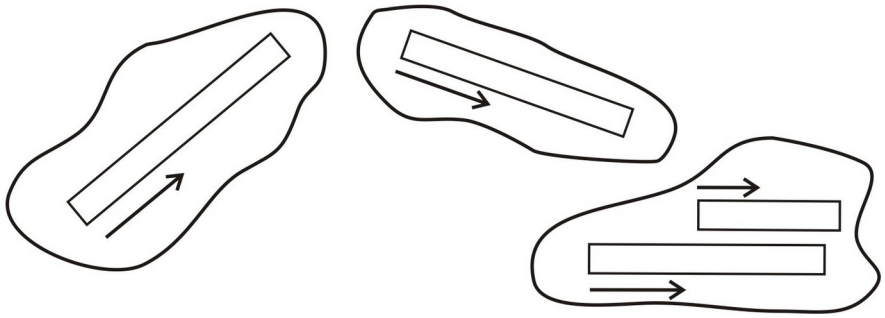


Слика 4-30: Линеарно постављање назива

Ареално се постављају називи који се односе на површинске елементе садржаја (називи држава, покрајина, површи покривених вегетацијом, већих језера, планинских гребена итд.); постављају се по дужој оси.

Треба избегавати да ареално и линеарно постављени називи буду постављени у правцу север-југ, већ тако да са тим правцем заклапају неки угао.

Код ареално постављених назива размак између слова се обично повећава, како би се протезањем назива показало и протезање саме површи на коју се односи. Да се такав назив не би изгубио међу осталим називима и у садржају карте, размак између слова се ограничава обично на четвороструку до петоструке висине слова. Но, растојање између слова није функција само висине слова; оно зависи и од врсте слова, боје којом се назив штампа и средине у коју се поставља.



Слика 4-31: Ареално постављање назива

Позиционо, линеарно или ареално постављени називи који се састоје од две или више речи, понегде се пишу у два реда, како не би дошло до превеликог издужења.

4.8.2 Писање назива на страној територији

Различите државе користе различите језике (и писма), па се поставља питање како исписивати називе на тим територијама. Постоји више начина, а редактор (аутор) карте одлучује који ће се начин примењивати, у зависности од намене карте.

На картама се користе следећи начини писања страних назива:

- изворни начин писања,
- транскрипција,
- транслитерација,
- превођење,
- употреба традиционалних облика назива (ексонима) и
- комбинација неких од наведених начина.

Изворни начин писања назива је писање онако како се ти називи пишу на језику и писму земље из које потичу.

Транскрипција је писање назива најприближније изговору, али писмом на коме се издаје карта.

Под **транслитерацијом** се подразумева дословно преношење назива из једног писма у друго по појединим знацима, тј. за сваки знак једног писма узима се одговарајући знак другог писма којим се издаје карта.

Превођење је начин који се примењује на мали број назива, већином добро познатих из науке, белетристике, новина итд.

Под **традиционалним обликом назива** (тзв. *ексоним* или *егзоним*) подразумева се такав облик назива који се употребљава на језику на коме се издаје карта, а другачији је и по звуку и по писму од службеног облика (Беч, Пекинг,

Битољ...). Наравно, то се односи на само неке називе на територији дотичне државе, на остале се мора применити неки од претходно наведених начина.

5. СРЕДСТВА КАРТОГРАФСКОГ ИЗРАЖАВАЊА

Карта представља посебан облик визуелне комуникације: она преноси информације помоћу специфичног, картографског језика који се ослања на визуелну перцепцију.

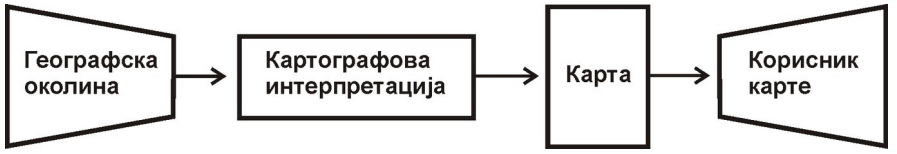
Тај језик је састављен претежно од графичких знакова који на уопштен и апстрактан (симболичан) начин приказују размештај предмета и појава у простору, као и њихове квалитативне и квантитативне карактеристике.

У моделу (процесу) картографске комуникације постоје два субјекта: *картограф* који интерпретира свет и креира карту и *читалац (корисник)* који интерпретира карту и ствара представу о свету који је приказан. Обе интерпретације су индивидуалне, јер зависе од личног профила и аутора и корисника: степена образовања, интелектуалног и културног нивоа, животног и професионалног искуства, итд. Зато ће различити аутори различито картирати исти простор и када су намена и размера карте исте, а различити корисници ће исту карту видети и разумети такође различито. Ипак, уколико картограф и корисник имају заједничко разумевање значења графичких и других знакова на карти – тј. уколико "говоре" истим картографским језиком – информације које карта садржи биће правилно пренесене.

Дакле, знак на карти који представља одређени објекат или појаву у реалном (или имагинарном) свету има улогу носиоца

значења, а корисник који чита знак ствара менталну слику тога света.

> Разумевање и описивање картографије као комуникацијске науке први је предложио амерички картограф Артур Х. Робинсон (1915–2004). Он је сматрао да је примарна функција карте комуникација и да она зависи од визуелног изгледа карте, а визуелни изглед карте је последица одлука картографа при обликовању појединих елемената карте. Да би карта била функционална, односно да би комуникација била успешна, картографи морају разумети на који начин њихове одлуке утичу на корисника карте.
>
> Научна дисциплина која проучава природу и улогу знакова у језичкој и нејезичкој људској комуникацији назива се семиологија (грч. *семејос* /σημεῖον/ = знак, особина). Користи се и назив семиотика, углавном на франкофоном подручју. У картографији се користи визуелни „језик“, тј. графичка семиологија. Семиологија у картографији помаже разумевању начина на који симболи на карти преносе информацију.



Слика 5-1: Општи приказ карте као процеса комуникације

У средства картографског изражавања спадају:

- картографски знаци,
- боја и
- писмо (слова и бројеви).

5.1 Картографски знаци

Картографски знаци су средство картографског изражавања којим се на карти приказују положај, простирање и својства (атрибути) неког објекта или појаве. Креирају се помоћу основних графичких елемената: тачака, линија и полигона, као и од елементарних геометријских фигура, у једној или

више боја. Понекад им се придружују и одговарајуће бројчане или словне ознаке, скраћенице и непосредна објашњења.

Картографски знаци за дефинишу посебно за сваку карту, а њихово значење се објашњава на маргинама листа карте, у целини која се насловљава са ***Легенда*** (или *Тумач знакова*, *Објашњење знакова* и сл.). За топографске и друге вишелисне карте које имају велики број картографских знакова израђује се одговарајући **картографски кључ** – посебно публикована систематизована збирка свих картографских знакова са димензијама, одговарајућим правилима за њихов приказ на карти и објашњењима значења. На маргинама листова ових карата се може дати извод из топографског кључа, односно приказ најзаступљенијих знакова.

Картографски знаци се деле на сигнатуре и дијаграме.

Сигнатуре су картографски знаци који приказују положај и квалитативна својства конкретног објекта или појаве, а тежишно су заступљени на општегеографским картама.

> Сигнатура је најпрепознатљивији картографски знак, картографски знак у ужем смислу тако да се појмови „сигнатура“ и „картографски знак“ често користе као синоними.

Сигнатуре се класификују према врсти на:

- тачкасте (иконичне) сигнатуре,
- линијске сигнатуре и
- површинске сигнатуре.

Дијаграми су графички прикази зависности бројчаних вредности у посебном координатном систему. Њихова сврха је да визуелизују квантитативне карактеристике дате појаве, односно њену укупну величину, структуру и развој током времена.

У картографији се третирају као знаци који се на карти постављају приближно у средину подручја на које се односе подаци (површински дијаграми) или тачно на локацију на коју се односе (позицијски дијаграми).

Дијаграме класификујемо према облику (димензији) на:

- линијске (1Д),
- површинске (2Д) и
- запреминске (3Д).

а **према координатном систему** (који је независан од координатног система карте) на дијаграме:

- у правоуглом координатном систему и
- у поларном координатном систему

Постоје и друге поделе (према сложености исказа, итд.).

Слика 5-2: Неки дијаграми који се користе у тематској картографији

Дијаграми и њихова примена се у овом уџбенику детаљније обрађују у поглављу о тематској картографији.

5.1.1 Сигнатуре

Сигнатуре се према врсти класификују на: тачкасте (иконичне), линијске и површинске сигнатуре.

5.1.1.1 Тачкасте (иконичне) сигнатуре

Тачкасте сигнатуре су мали цртежи или слике које приказују положај неког ентитета (објекта или појаве) и неке његове карактеристике. Тежишно се користе за приказ објеката и појава које није могуће представити у размери карте: кућа,

бунар, црква, пећина и сл., а на картама ситнијих размера и читаво насеље или неки комплекс. Приказани својим димензијама у размери карте, ови би објекти и појаве представљали обичне тачке, па су тако и њихове сигнатуре добиле назив *тачкасте сигнатуре*, за разлику од *линијских сигнатура* (којима се приказују објекти и појаве који се простиру линијски: реке, далеководи, путеви, границе...) и *површинских сигнатура* (сигнатура којима се приказују објекти и појаве који се простиру површински: шуме, језера и сл.).

Према степену визуелног подударања са објектом или појавом коју приказују, разликујемо:

- сликовне сигнатуре,
- симболичне (асоцијативне) сигнатуре и
- геометријске (неасоцијативне) сигнатуре

Сликовне сигнатуре приказују објекат или врсту (класу) објеката у виду његовог реалистичног перспективног или ортогонално пројектованог цртежа или реалистичног цртежа који се односи на неку његову функцију. Основна карактеристика сликовних сигнатура је да се визуелно веома блиско подударају са објектом или појавом (функцијом) коју приказују. Често су уникатни, тј. дизајнирани искључиво за објекат који приказују (Храм Светог Саве, Смедеревска тврђава, и сл.). Зато се уместо цртежа објекта понекад користи фотографија дотичног објекта (обично поједностављена ретуши-рањем). Понекад се сви истоврсни објекти (нпр. сви хришћански верски објекти, сва ловишта и сл.) приказују идентичном сликовом сигнатуром, без обзира на њихов стварни изглед.

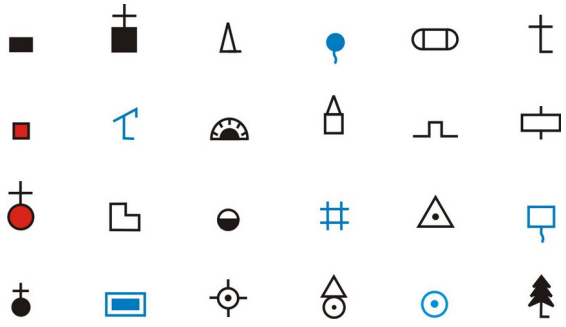
Слика 5-3: Сликовне сигнатуре

Сликовне сигнатуре се користе претежно на картама градова, туристичким картама, картама националних парковани сличним тематским приказима. Слични минијатурни цртежи разних животиња и биљака, људи који врше неку активност, па и читавих сцена, указују на неку функцију (намену) објекта: риба за рибњак или место за риболов, јелен (дивља свиња, срна...) или ловац за ловиште, плажа се може приказати сценом са сунцобранима, лежаљкама и купачима у другим активностима на плажи, итд. То значи да се сликовни знаци не користе само за приказ положаја "тачкастог" објекта, већ и за приказ намене или неке карактеристике ентитета који се простиру линијски или површински.

Атрактивног су изгледа и одлично приказују објекат. Међутим, њихова израда захтева доста времена и пажње, па и таленат. Својом величином одвлаче пажњу од целине и оптерећују карту, нарочито када је уз њих и непосредно објашњење. Њихова величина на карти није пропорционална стварној величини у природи, па се на основу сликовних сигнатура не може судити о величини објекта који приказују, нити о међусобном односу њихових величина.

Слика 5-4: Примена сликовних сигнатура на картама (https://www.guidebooker.com/tour-search/tour/2790/belgrade)

Симболичне (асоцијативне) сигнатуре су уопштени, поједно-стављени цртежи малих димензија који обликом, бојом и/или неком другом карактеристиком асоцирају на објекат (појаву) који приказују или неку његову функционалну карактеристику.

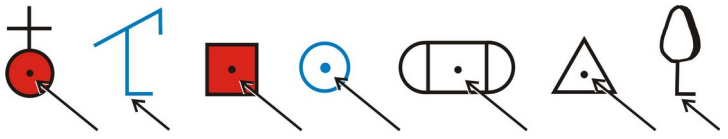


Слика 5-5: Симболичне (асоцијативне) сигнатуре

Иако су асоцијативни, по правилу захтевају ближе објашњење у легенди, поготово када се за више сродних објеката користи исти основни знак. На пример: цркве, манастири и капеле имају крст као основни симбол, а диференцијација се врши према карактеристикама основе на коју је постављен крст (облик, боја, величина...); крст асоцира на хришћанство, односно хришћански верски објекат и то је оно што читалац може унапред да претпостави, али не може унапред да зна којом основом је приказана црква, којом манастир, а којом капела, потребно му је додатно објашњење аутора. Но, када се проучи легенда, ови знаци се лако памте и то је њихово главно обележје.

Добро исказују квалитативне карактеристике (понекад уз помоћ боје, скраћеница или непосредног објашњења), а у одређеној мери су погодни и за изражавање квантитативних карактеристика (величином, бојом, бројчанословном ознаком). Обично су у једној боји, понекад и две.

Посебно су заступљени на топографским картама које служе за оријентацију и мерења, па већина симболичних знакова има дефи-нисану тзв. *референтну тачку*. Референтна тачка знака дефинише положај објекта који је приказан знаком у координатном систему карте, а обично се налази у центру знака или другом одговарајуће обележеном месту.



Слика 5-6: Референтне тачке појединих знакова

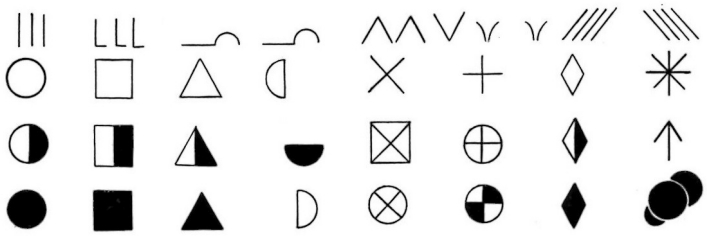
У групу симболичних сигнатура спадају и *пиктограми*, знаци који су универзално препознатљиви и могу се разумети без потребе за објашњењем.

Слика 5-7: Пиктограми

У ову групу сигнатура спадају и *помоћне ознаке* које се користе уз објекат приказан одговарајућом сигнатуром (нпр. стрелица која показује смер тока реке, цртице које се понекад додају изохипсама да би се указало на смер пада терена /паднице/, и сл).

Попут сликовних сигнатура, и симболичне се могу користити за приказ намене или неке карактеристике линијских и површинских ентитета.

Геометријске (неасоцијативне) сигнатуре су цртежи малих димензија који се састоје од елементарних геометријских фигура (троугла, круга, квадрата, правоугаоника, итд.) и њихових комбинација са тачкама, линијама и бојама. Пружају бесконачно много визуелних решења, али не асоцирају на објекат или атрибут који приказују, па се морају објаснити у легенди. Користе се претежно на тематским картама, тежишно за приказивање квантитативних карактеристика објеката и појава.

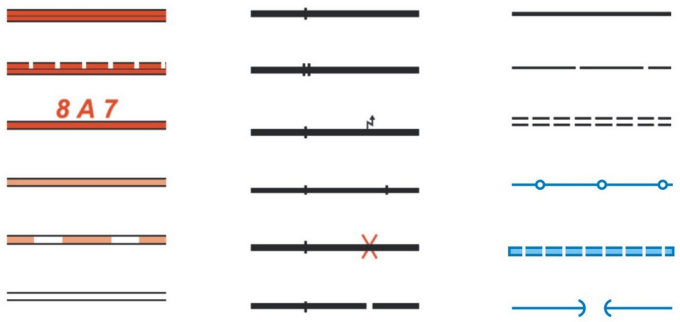


Слика 5-8: Геометријске сигнатуре
(Peterca i dr., 1974)

5.1.1.2 Линијске сигнатуре

Линијским сигнатурама се приказују објекти и појаве који се простиру линијски: реке, путеви, границе, изолиније, меридијани и паралеле, итд). Линије могу бити различитих дебљина и боја, а унутар тога: непрекидне или испрекидане на разне начине, равномерне или променљиве дебљине, праве или криве, паралелне, итд.

Дужина линијске сигнатуре је у размери (мерљива је), али је дебљина ванразмерна. Стога се за линијске сигнатуре каже да су *делимичноразмерне* сигнатуре.



Слика 5-9: Линијске сигнатуре

Линијске сигнатуре се могу комбиновати са бројчаним и словним ознакама које дају ближе карактеристике ентитета који је приказан линијом: ширина пута, дужина тунела, носивост моста, ознака међународног пута и сл. Уз линијски знак се може користити и нека додатна ознака; стилизована мућа као знак за електрифицирану пругу, цртице које означавају пад терена приказаног изохипсом, итд). Такође се могу комбиновати и са непосредним објашњењем и/или називом ("Канал Дунав-Тиса-Дунав", "Аутопут Милош Велики"...)

Линијске сигнатуре на вишебојним картама су обично у различитим бојама, које указују којој врсти географског

садржаја припада приказани објекат: плава за хидрографију, браон за рељеф, зелена за вегетацију и сл.

Линије се на картама не користе само за приказивање објеката и појава који се простиру линијски. Наиме, затворене криве линије (контуре) се користе и **као граничне линије**, тј. као површинске сигнатуре (или њихов део), када ограничавају неку површину на карти (обала језера, граница шуме, гробља, насељеног места, итд.). Осим тога, оне се могу користити и као **изолиније**, линије које повезују тачке са са истим вредностима (интензитетом) неке појаве (нпр. *изохипсе* – линије истих висина, *изобаре* – линије једнаког атмосферског притиска, *изобите* – линије једнаког слегања терена, итд.), чиме постају део методе за приказивање квантитативних карактеристика појава које се непрекидно распростиру на територији картирања.

Приликом обликовања линијских сигнатура важи начело: појаве или објекти који се на карти јављају најмасовније, приказују се најједноставнијим сигнатурама. Што је неки објекат значајнији, треба да буде уочљивији, што се постиже дебљином линија, упадљивим бојама и сл. По правилу, пуним линијама се приказују линијски објекти и појаве сталног карактера, а испрекиданим линијама објекти исте врсте који су привремени, повремено употребљиви или планирани (река са повременим током, пут у изградњи, и сл.).

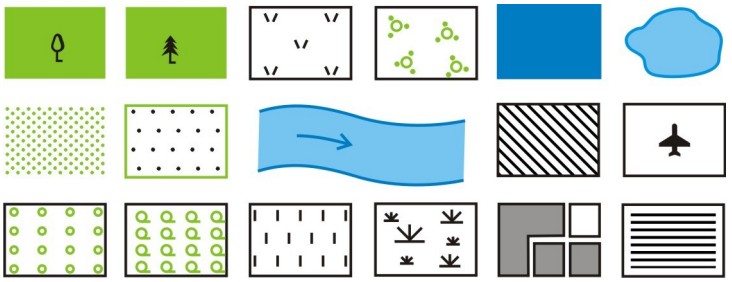
5.1.1.3 Површинске сигнатуре

Површинским сигнатурама се приказују објекти и појаве који се простиру површински, односно који обухватају неко подручје које се може приказати у размери карте.

Могу се састојати од само једног елемента, на пример: граничне линије, боје површине, тачкастог (знакова), *растера*[26] и сл. Граничним линијама разних облика и боја издвајају се *границе подручја* међусобно различитих

[26]Појам *растера* у овом контексту биће објашњен у наставку текста; до тада се он може сматрати *шрафирањем*.

квалитативних карактеристика (на пример: обала језера, административна граница). Иста подручја се могу издвојити, уместо контурама, само бојама, односно само растером. Уместо граничне линије, боје или растера, може бити искоришћен један тачкасти знак (нпр. ловац, скијаш, дрво, итд.) или више тачкастих знакова распоређених по подручју простирања по неком обрасцу или насумично, као и нека бројчана или словна ознака.



Слика 5-10: Површинске сигнатуре

Међутим, површински објекат или појава се обично приказује комбинацијом наведених елемената. Најчешће су комбинације граничне линије и боје (односно растера) или граничне линије и тачкастих знакова. Но, могуће су и друге комбинације, укључујући и све наведене.

Уз то, површинској сигнатури се могу додати и одговарајуће бројчане и словне ознаке и/или неке друге ознаке и натписи (скраћеница, непосредно објашњење, назив) које указују на неку квантитативну или квалитативну карактеристику ентитета коју знак приказује.

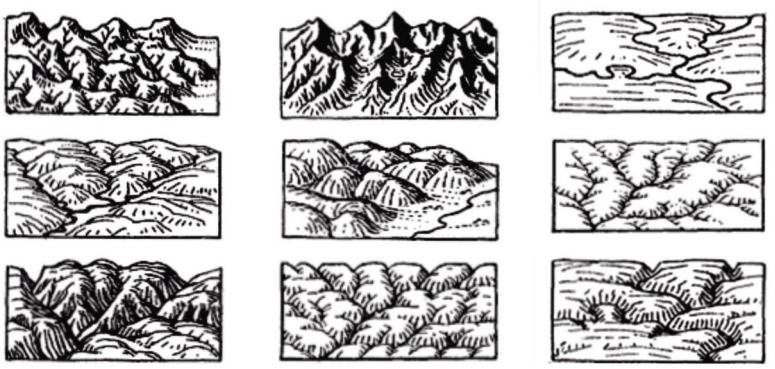
Када подручје простирања неког објекта или појаве нема јасне границе (жбуње, песковито тло, итд.), онда се контура, по правилу, не даје (или је испрекидана), а по самом подручју распоређује се већи број простих симболичних или геометријских сигнатура (тачка, цртица, кружић, крст, жбун, дрво...) распоређених по неком обрасцу или насумично, једнаких или различитих величина, исте или различите оријентације. Ове сигнатуре могу бити и у одређеној боји, нпр. зеленој ако се ради о вегетацији (шума, трава, ливада), браон за рељефне облике, и сл., а примењују се и различити

ефекти са променама неких атрибута боја (нпр. боја има све светлије тонове како се иде ка граници подручја простирања, затим градација интензитета боје, преливање и сл.).

> Поврх тога, на неким картама се и географски називи појединих површинских објеката и појава користе на начин који указује површину и простирање објекта: исписивањем назива дуж замишљене линије оријентисане у складу са главним правцем протезања, повећањем размака између слова тамо где величина ареала то дозвољава, варирањем величине фонта у складу са површином објекта или појаве, итд.

За попуну површинске сигнатуре или означавање подручја распрострањености неког површинског објекта или појаве, уместо боје се могу користити и други начини означавања. На пример, шрафирањем појединих површина на карти на међусобно различит начин може се постићи ефекат њиховог уочавања и међусобног разликовања сличан ономе који се постиже бојама, иако су све шрафе у истој боји. Уместо шрафа могу се користити и тачке, варирањем величине тачака, њиховог распореда, размака, итд) и опет добити сличан или исти ефекат. Напокон, уместо линија и тачака се могу користити сигнатуре или неки други графички елементи и облици распоређени на површини на различит начин (по неком обрасцу или насумично), са истом или различитом величином, континуирано (на целој површини) или дискретно (само на неким деловима).

Посебну врсту површинских сигнатура чине тзв. *физиографске сигнатуре* које се користе за приказ рељефних облика, тла и вегетационог покривача. Ради се о сложеним пластичним цртежима који се креирају за перспективан приказ површина: да се прикажу основне визуелне карактеристике облика или врсте земљишта и/или вегетације. Настали су тридесетих година 20. века, а највише су их користили амерички картографи при изради ситноразмерних карата у црно-белој техници.



Слика 5-11: Физиографске сигнатуре
(https://makingmaps.net/2008/04/03/map-symbols-landforms-terrain/)

5.1.1.4 Растер

У вези са површинским сигнатурама је и појам *растер*. Растер у картографији има три значења: први и најстарији је у вези са техником умножавања (репродукције) карата, други у вези са испуњавањем површинских сигнатура и означавањем површина на карти, а трећи је у вези са рачунарском графиком и подразумева слику која се састоји од пиксела распоређених у правоуглу матрицу. Сва три значења повезује форма: слика коју видимо се састоји од малих величина (елемената) истог или различитог облика, распоређених по неком обрасцу или насумично, у узорак који се понавља на одређеној површини. Међутим, они се разликују по суштини.

У техници репродукције карата, под растером се изворно подразумевала стаклена плоча (или лист провидне пластике) са уграviраном густом мрежом линија на малом растојању (нпр. 25-70 линија по центиметру).

Када се кроз ту плочу (односно мрежу) осветљавањем копира слика која се састоји од више тонова – на пример, рељеф приказан сенкама, фотографија и сл. – на растерској мрежи долази до дифракције светлости, па сваки отвор делује као

посебан извор светлости. Тако се добија копија оригиналне слике која се састоји од низа малих елемената (линија, тачака, квадрата и сл.), који различитом величином или учесталошћу симулирају светлија и тамнија подручја слике (тј. оригинална слика се копирањем кроз растер раставља у *растерску слику*). Захваљујући томе, слике које имају више тонова се могу одштампати само једном бојом (тј. једним проласком кроз штампарску машину), али ће посматрач ипак имати утисак да се ради о вишетонској слици, јер људско око са нормалне удаљености не види појединачне елементе када су они на веома малом међусобном растојању, већ збирни ефекат – одговарајући тон који они симулирају. Дакле, ослонцем на својеврсну оптичку илузију остварује се ефекат који или не би био остварив на други начин, или би такав начин захтевао пуно веће трошкове.

> И у савременој репродукцији офсет технологијом користе се растери, али су они, наравно, у дигиталном облику.

Под појмом *растер* се у картографској репродукцији подразумевају и одштампане растриране слике.

> Растери за штампање се међусобно разликују по финоћи и тонској вредности. Финоћа растера је број линија или тачака по јединици дужине, а тонска вредност растера је проценат покривања јединичне површине графичким узорком. Са даљине нормалног гледања одштампане растриране слике финоће до око 35 линија по центиметру (односно до око 45 тачака по центиметру), уочиће се најпре узорак, а код финијих растера најпре се уочава тонска вредност. Пажљивим загледањем финијих растера може се уочити узорак растера, али са растерима финоће преко 65 линија по центиметру узорак постаје невидљив.

Отуда је, временом, појам *растер* добио и друго значење, независно од технологије репродукције карата: растер је постала и свака површина на карти која је испуњена графичким елементима (линијама, тачкама, геометријским ликовима, сигнатурама, итд.) распоређеним према неком обрасцу (узорку) који се понавља, без обзира на то што се сада на даљини нормалног гледања види сваки појединачни елемент.

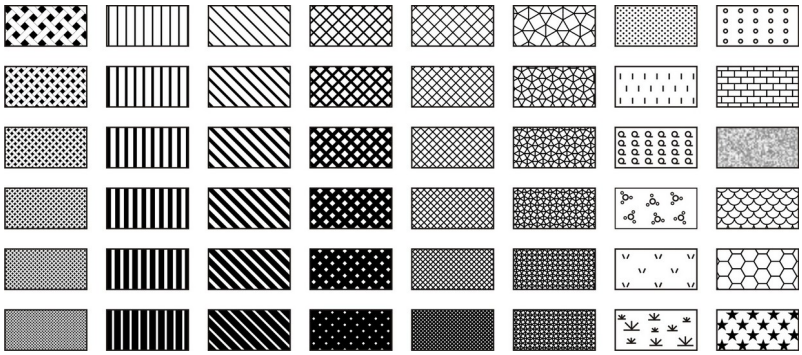
Дакле, растер у овом другом смислу представља **агрегатну површинску сигнатуру**, састављену од великог броја истих или сличних графичких примитива, која се користи за означавање простирања површинских појава и њихово међусобно диференцирање. Бесконачним могућностима варирања величине, облика, оријентације, боје, размака и распореда графичких примитива остварује се различит визуелни ефекат растера као целине[27].

> Растер се може применити и на тачкасте и линијске сигнатуре, уколико то њихова величина (површина коју заузимају на карти) омогућава. Но, примарно се користи као површинска сигнатура.

Типичан пример растера у овом значењу су општепознате *шрафуре* које могу да наликују мрежи линија на растерској плочи, само је размак између њих довољно велик да се са даљине нормалног гледања види свака линија. Штавише, шрафуре се у картографији и дефинишу као „груби растери линијског узорка“. Осим „грубих растера“ који се састоје од линијских елемената (шрафура), постоје и груби растери који се састоје од тачака, односно геометријских и других сигнатура од којих се такође може формирати одређени узорак који се потом понавља на одређеној површини карте[28].

Растери могу бити линијски, тачкасти и сигнатурни. *Линијски* се састоје од правих или кривих, најчешће паралелних линија, оријентисаних под одређеним углом, или више скупова таквих линија које се секу под одређеним углом. *Тачкасти* растери се састоје од тачака исте или различите величине, распоређених по неком обрасцу или насумично. *Сигнатурни* су као тачкасти, али уместо тачака користе неку сигнатуру, геометријску или симболичну.

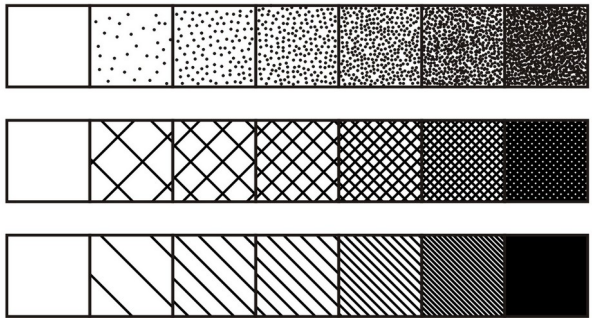
[27] Уместо појма растер у овом смислу, поједини аутори користе појам *текстура*.
[28] Неки аутори овај тип растера назива *поље тачака*.



Слика 5-12: Различити типови растера

Важно је уочити да се на једнобојним картама могу остварити ефекти диференцијације површинских објеката и појава слично онима који се на картама у боји постижу бојама или тоновима. Нпр. као што се површине могу обојити контрастним бојама, комплементарним бојама, различитим тоновима исте боје (градирано, од светле ка тамној или обрнуто), преливима једне или више боја, итд., слични ефекти се може остварити и растерима, комбиновањем различитих узорака или варирањем густине истог узорка.

Ипак, на једној карти не би требало да буде више од 10 до 12 растера, јер њихов превелик број може узроковати оперећеност карте и отежати читљивост.



Слика 5-13: Могућности употребе растера као тонова једне боје

5.1.1.5 Бројчане и словне ознаке

Бројчане и словне ознаке се састоје од бројева (цифара) и/или слова којима се објашњавају неке квалитативне или квантитативне карактеристике приказаног објекта или појаве.

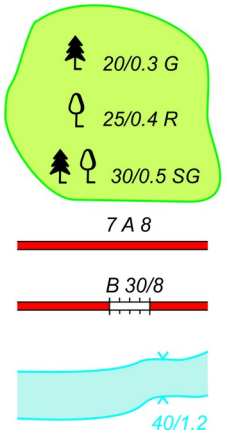
Оне се, дакле, не користе самостално, већ увек уз неку другу сигнатуру.

У бројчанословне ознаке се убрајају и други знаци који се употребљавају у писаној комуникацији: знаци интерпункције, математички симболи (+, –, =, <, >, ≈, ∞, ≠, ±...) специјални знаци ($,@, ✓, #, &, €, £, итд.), ноте, итд.

> Постоје и примери када се неки од тих знакова користи не као ознака, већ као тачкаста сигнатура (нпр. $ као симбол за банке или мењачнице).

Бројевима се обично означавају неке квантитативне карактеристике објекта (висина, дубина, итд.), а словима његове квалитативне карактеристике.

Бројке и слова (самостално или у комбинацији) се могу користити и за класификацију појединих линијских или површинских објеката и појава, обично на тематским картама.



Четинарска шума, средње висине 20 m, средње дебљине 0,3 m, густа

Белогорична шума, средње висине 25 m, средње дебљине 0,4 m, ретка

Мешовита шума, средње висине 30 m, средње дебљине 0,5 m, средње густа

Пут I реда, ширина коловоза 7 m, асфалт, ширина планума 8 m
(A - асфалт; B - бетон; K - коцка; M - макадам)

Мост на стубовима, гвоздени, носивости 30 T, ширине 8 m
(G - гвоздени; B - бетонски; K - камени; D - дрвени; BD - бетонско-дрвени)

Већа река, ширине 30 m, дубине 1,2 m на означеном месту

Слика 5-14: Бројчанословне ознаке на топографским картама у издању нашег Војногеографског института

5.2 Боја

Боја је снажно, али за картографа коплексно средство картографског изражавања. Користи се за тачкасте, линијске и површинске сигнатуре, бројчанословне ознаке и текст, а примењује се за визуелизацију и диференцијацију квалитативних и квантитативних карактеристика објеката и појава и у функцији:

- повећања симболичности (асоцијативности) сигнатура и назива,
- успостављања визуелне хијерархије сигнатура или појединих елемената садржаја, као и повећања и њихове читљивости,
- перцептивног груписања сигнатура сродних објеката и појава,
- истицања сигнатура појединих објеката или појава и упостављања визуелне хијерархије сигнатура,
- повећања читљивости и
- прегледности карте и њене естетике.

Боја на карти има снажан визуелни утицај на читаоца, утиче на кретање ока, привлачи га и усмерава. Доказано је да неке боје (као и неке комбинације боја) изазивају одређене емоције и реакције на посматрача, као и асоцијације на неко својство или атрибут. Иако доживљавање и интерпретација боја једним делом зависи од доминантних културолошких образаца (нпр. бела боја се код нас везује за мир, невиност, венчање, а на истоку за смрт и сахране; црвена боја у Африци означава смрт, а у Египту срећу, итд.), неки обрасци су универзални и важе за све.

На пример, код приказивања температура на карти, за високе температуре се увек користе *топле боје* (црвена, наранџаста, жута), а за ниске температуре *хладне боје* (плава, зелена, љубичаста). Такође, постоје и устаљене конвенције које повезују боје на карти са бојама у природи: на пример, на топографским картама су воде приказане плавом бојом, вегетација зеленом, а рељеф браон; на општегеографским картама су воде приказане такође плавом бојом, браон бојом планински предео, а за равнице (низије) се користи зелена.

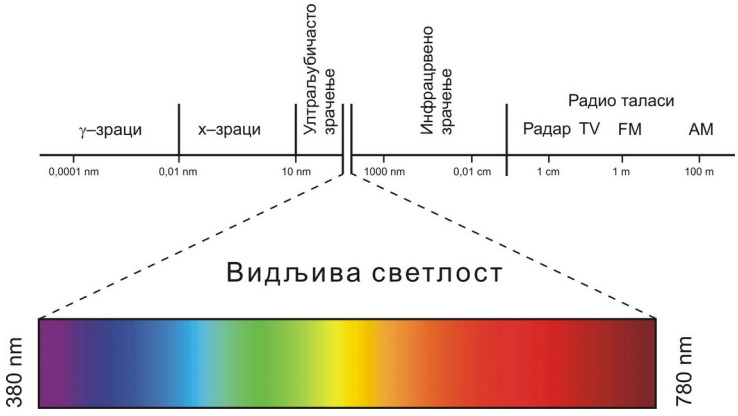
Бојама се остварује и семантичко структурирање података: сродни тип података (нпр. шуме и воћњаци или реке и језера, итд.) се приказују сличним бојама, а различити типови података (нпр. вегетација и зграде) различитим бојама; теме или подаци сврстани у класе или разреде (нпр. слојеви висина) се представљају тоновима исте боје или различитим бојама по принципу "од најсветлијег до најтамнијег" и обрнуто, пратећи поделу на класе, итд. Другим речима, боје на картама се усклађују са подацима и њиховом структуром (аналитичка подударност) и/или емоцијама које изазива скуп података (афективна подударност).

Боја на карти се не виде само изоловано, већ и у интеракцији са другим бојама. Као и боје појединачно, тако и ове интеракције стварају одређене емоције, које могу бити пријатне или непријатне. Складна комбинација боја доприноси не само њеној атрактивности и привлачности, већ и бољој прегледности и лакшег разумевања њеног садржаја.

> Правилна примена боја представља велики изазов за сваког картографа, јер захтева низ знања и вештина: од разумевања перцепције боја и физиолошких реакција на њих, преко њиховог значења, конвенција и начина употребе за приказ квалитативних и квантитативних података (њихове врсте, дистрибуције, структуре, хијерархије...), пролагођавање контексту у којем ће се карта користи (на папиру или на рачунару, у природи или у затвореном простору, формат карте/екрана, специфични захтеви корисника, итд.), складног комбиновања боја, могућности и ограничења штампања карата у боји, могућности и ограничења препознавања и репродуковања боја у дигиталном свету, итд., све до прилагођавања боја читаоцима који имају смањену способност да разликују боје, као и решавања других специфичних картографских задатака који захтевају примену боја. А све то у

функцији намене карте и њеног што лакшег и једноставнијег коришћења и разумевања.

Боја је чулни доживљај (перцепција) који настаје када светлост одређене таласне дужине побуди рецепторе у мрежњачи људског ока који податке о светлосном надражају шаљу у одговарајући део мозга на "читање" и тумачење. Светлост је део спектра електромагнетског зрачења. Различите врсте електромагнетског зрачења имају имају различите таласне дужине и фреквенције, а цели спектар се простире у широком дијапазону таласних дужина од $1 \cdot 10^{-13}$m (гама зраци) до $1 \cdot 10^{6}$m (радио-таласи); светлост је врло мали, људском оку једини видљиви део тог спектра, у појасу таласне дужине од 380 nm до 780 nm, односно фреквенције од $4 \cdot 10^{14}$ Hz до $7{,}9 \cdot 10^{14}$ Hz. Иако људско око реагује на само мали део електромагнетског спектра, оно одлично разазнаје мале разлике унутар њега. Те мале разлике називамо бојама. Боје су, дакле, мале фреквенцијске разлике у подручју нама видљиве светлости[29].



Слика 5-15: Електромагнетски спектар

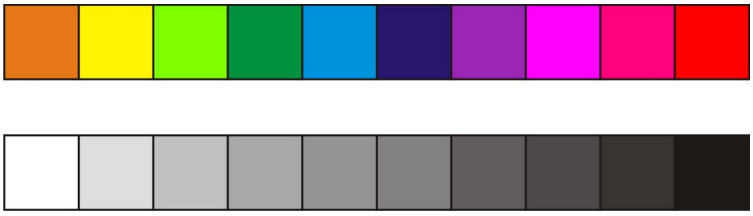
Боја не постоји без светла, боја је светлост коју видимо или директно из извора светлости (емитована светлост), или рефлектовану од објекта. Разлика у бојама објеката које видимо је последица чињенице да различити објекти део светлости

[29] Најкраћу таласну дужину има љубичаста, а најдужу црвена светлост. Отуда и називи врста ЕМ зрачења које су по таласној дужини најближе (суседне) светлости: инфрацрвена (*инфра* = испод) и ултраљубичаста (*ултра* = изван, преко).

апсорбују, а део рефлектују у различитом обиму и односу (у зависности од унутрашње структуре и карактеристика површине).

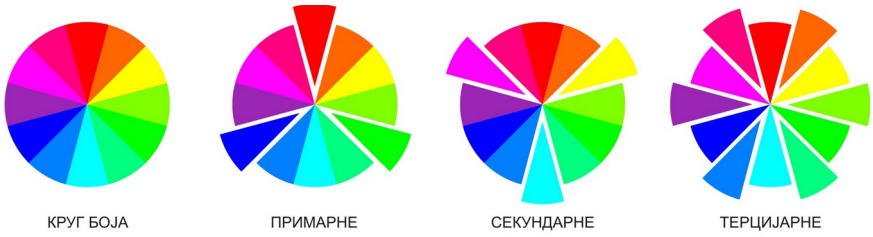
Иначе, перцепција боја код људи је индивидуална; слична је, али није идентична. Око 7% мушкараца и 1% жена има урођену смањену способност да разликује боје.

У првом кораку, боје се деле на хроматске ("шарене") и нехроматске ("нешарене") боје. **Хроматске** су оне боје које припадају сунчевом спектру боја, дакле оне са доминантном фреквенцијом и таласном дужином. **Ахроматске** боје су бела и црна, као и цела скала боја ("небоја") настала њиховим мешањем у различитом односу. Оне нису део сунчеве светлости: бела је последица потпуне рефлексије светлости, а црна потпуне апсорпције, тј. ни једна нема доминантну таласну дужину.



Слика 5-16: Хроматске (горе) и ахроматске (доле) боје

Хроматске боје се, по узору на И. Њутна и каснијих теоретичара боја, представљају кругом (прстеном) са одређеним бројем боја. Традиционално, круг боја има 12 боја, мада их може бити и више. Колико год да је боја приказано кругом, оне се деле на три групе: **примарне** (основне), **секундарне** и **терцијарне**.



Слика 5-17: Круг боја и три основне групе боја

Примарне боје су црвена, зелена и плава. Међусобним мешањем ових боја у различитим односима, добијају се све остале боје[30]. **Секундарне боје** се добијају мешањем две основне боје у односу 1:1. Постоје, дакле, три секундарне боје: цијан (плава + зелена), магента (црвена + плава) и жута (црвена + зелена). **Терцијарне боје** су све боје које настају мешањем једне основне и једне секундарне боје, у различитим односима[31].

Друга подела хроматских боја, независна од ове, је подела боја **према температури**, на *топле* и *хладне* боје. Подела се заснива на перцепцији боја и утиску који поједина боја изазива код посматрача; неке боје повезујемо са топлим стањима у природи и топлим емоцијама (сунце, ватра, енергија, узбуђење), а неке са хладним стањима и емоцијама (вода, лед, смиреност, опуштеност). **Топле боје су**: жута, наранџаста, црвена и њихове комбинације, а **хладне боје су**: зелена, плава и љубичаста и њихове комбинације. Топле боје се сматрају привлачнијим и угоднијим за око, док се хладне боје сматрају опуштајућим. Топле боје изгледају ближе оку, а хладне удаљеније.

Слика 5-18: Топле и хладне боје

Постоје и **неутралне боје**, ни топле ни хладне. То су црна и беле боја и њихове комбинације, које се не налазе на кругу боја. У неутралне се сврставају и неке светлије нијансе браон

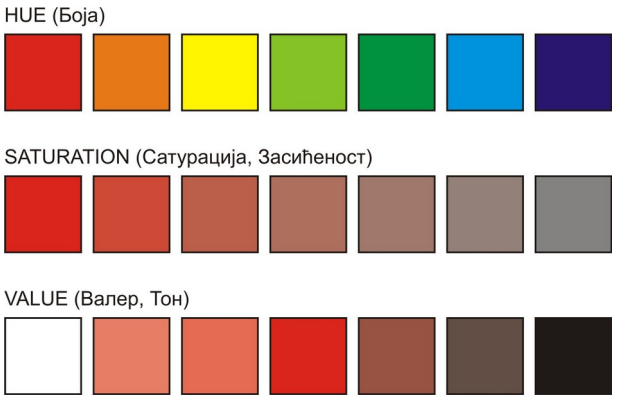
[30] Ово се односи на тзв. *RGB* модел боја (модели боја се приказују у наставку поглавља); други модели имају друге примарне боје.
[31] Број боја у кругу боја зависи од броја приказаних терцијарних боја; три су основне, три секундарне, а све остале су терцијарне.

боје: беж, слоновача, крем, итд. Значења и утисци неутралних боја обично зависе од околних боја.

5.2.1 Атрибути боје

Свака боја има три атрибута, три перцепцијске карактеристике по којима се њен изглед разликује од изгледа друге боје: ***Hue*** *(боја),* ***Saturation*** *(сатурација, засићеност)* и ***Value*** *(тон, валер, светлина)*. Помоћу ова три атрибута, свака се боја може једнозначно описати односно идентификовати.Најмања промена једног атрибута повлачи за собом одговарајућу промену перцепције боје.

> У појединим применама неки од наведених атрибута се другачије називају. На пример, уместо сатурације се користе појмови *intensity* и *chroma*, а уместо валера *brightness* и *luminance*, понекад и *lightness (light)*. Неки од њих су синоними, али се неки ипак разликују у дефиницији, углавном у техничком смислу. Пошто разлике нису велике, многи аутори их третирају као синониме, посебно у уводним темама теорије боја. Ипак, у одговарајућим моделима и просторима боја та разлика има конкретан значај и о њој се мора водити рачуна.



Слика 5-19: Атрибути боје

Hue (боја) је први атрибут који уочавамо код неке боје, а то је – њено својство по којем је и називамо: плава, црвена, жута, итд. *Hue* је, дакле, сама боја. Дефинише се и као хроматски

квалитет боје, односно квалитет по којем се једна боја разликује од друге. У свету физике, то је доминантна таласна дужина коју конкретна боја има у видљивом спектру светлости, захваљујући чему и перцепирамо њену разлику у односу на друге боје; *hue* је место боје у спектру. То значи да боје које немају место у спектру (тј. које немају доминантну таласну дужину) – а то су ахроматске: бела, црна и њихове комбинације – немају *hue*.

> За енглеску реч *hue* немамо одговарајући превод; неки је преводе као *нијанса*, неки као *тон*, али у свакодневном говору ти појмови имају и друга значења. Ни један превод није без мана, али се чини да је најмање погрешно да се *hue* преводи као "боја", мислећи под тиме на хроматску боју, боју са одређеном доминантном таласном дужином.

Други атрибут је ***Saturation*** *(*сатурација, засићеност), који означава чистоћу (интензитет) боје. Мери се у односу на садржај сиве боје: чиста боја (*hue*) не садржи нимало сиве, а што се више сиве додаје, боја постаје све пригушенија, да би на крају, као потпуно десатуризована (незасићена) скоро постала једна од сивих боја.

Value (тон, валер, светлина) је осветљеност боје, количина светлоће (*lightness*) или тамноће (*darkness*) у једној боји (*hue*). Што је више светлости у некој боји, то је она светлија (ближа белој), што је мање светлости, то је она тамнија, загаситија (ближа црној). На пример, светло плава и тамно плава боја имају исту боју (*hue*), али различити валер (*value*). Валер сваке боје може да варира у широком дијапазону од скоро црне до скоро беле, са прелазима који су упоредиви са сивом скалом, тј. распоном боја од црне до беле. То је релативна количина светла (било које таласне дужине) коју боја привидно емитује.

На перцепцију светлине боје утичу и боје у окружењу. На пример, када се светло обојени објекат стави поред тамног, добија се утисак да је светлији него што јесте. То је *контрастни ефекат*. Међутим, када се светло обојен објекат постави поред других светло обојених објеката, доима се мање светлим него што јесте. То је *асимилациони ефекат*.

Иначе, енглеска реч *value*, нема општеприхваћен термин на нашем језику у теорији боја; у другим областима и у свакодневном говору она има више значења (вредност, богатство, корист, величина, итд.), али се ни једно не може применити у овој области. Најближа је валер, одомаћена француска реч *valeur* која има исто значење као и енглеска реч *value*, и у теорији боја и уопште у језику. Код нас се у свакодневном говору *value* и *valeur* понекад преводе и као *нијанса* и *тон* (нијанса обично као валер хроматске боје), али недоследно.

Често се се као синоними појма *value* у енглеском језику користе и помови *brightness* и *luminance*, понекад и *lightness* (*light*); они јесу по значењу веома слични, али се у техничком смислу ипак разликују.

Тамни тонови неке боје у енглеском језику означавају као *shade(s),* а светли тонови као *tint(s)*; они се остварују различитим количинама беле односно црне боје.

Треба уочити да свака боја (*hue*) и без додавања беле или црне има своју количину светлости тј. свој валер, па је тако жута најсветлија, следи је наранџаста, црвена, плава и на крају љубичаста, као најтамнија.

5.2.2 Модели боја

Свака боја има другачији изглед, а он се не може једнозначно дефинисати само називима или вербалним (текстуалним) описом. Зато су развијени модели боја и на њима засновани простори боја.

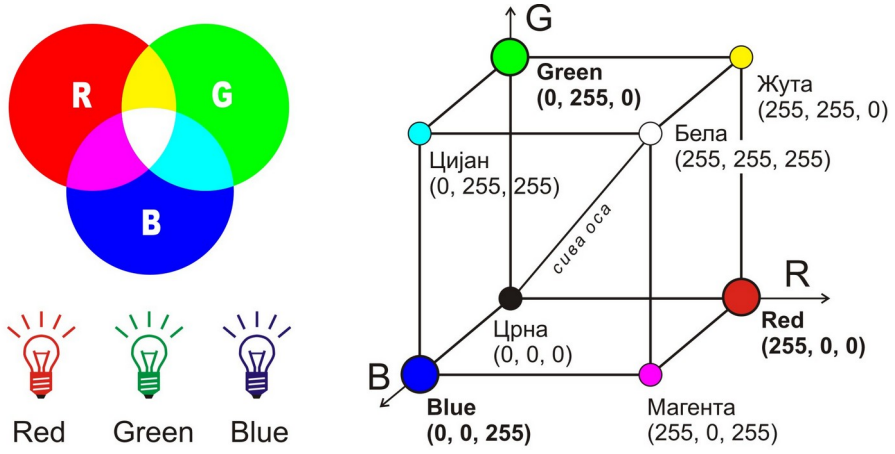
Модел боја је апстрактни математички модел који сваку боју дефинише помоћу неке нотације, најчешће три или четири броја (тзв. компоненте боје). Конкретна боја се позиционира као тачка у одговарајућем 3Д или 4Д координатном систему, у којем свака оса представља један атрибут (варијаблу) боја.

Када је овај модел повезан са прецизним описом како компоненте треба да се тумаче (услови гледања, итд.), узимајући у обзир визуелну перцепцију, резултујући скуп боја се назива *простор боја*.

RGB* модел боја** је адитивни модел боја у коме се широк спектар боја производи *сабирањем* црвене, зелене и плаве боје светлости у различитим односима. Назив модела потиче од иницијала три примарне боје (R****ed,* ***G****reen,* ***B****lue* – црвена, зелена, плава). Њиховим мешањем у различитим комбинацијама и интензитетима добија се широка палета различитих боја. На пример, мешање (збрајање) црвене и зелене светлости даће светлост жуте боје, црвене и плаве даће магенту (пурпурну), а мешање плаве и зелене светлости даће светлост цијан (зеленкасто-плаве) боје. Све три примарне боје помешане у истом односу даће белу светлост. Црна боја је одсуство светлости.

Мада је и пре електронског доба имао чврсту теорију иза себе засновану на људској перцепцији боја (боја је, по дефиницији, светлост), овај модел је добио на значају са појавом електронских уређаја који манипулишу сикама у боји: телевизора, рачунара, паметних телефона, скенера, дигиталних камера, и сл.. Јер, ту се боја сваког пиксела слике ствара комбинацијом емитоване светлости црвених, зелених и плавих светлећих диода (*LED*) или ћелија течних кристала (*LCD*).

Штампачи у боји нису *RGB* уређаји, већ користе *CMYK* модел боја. Наиме, штампачи боју репродукују мастилом, а не светлошћу.



Слика 5-20: RGB модел боје и координатни систем (коцка боје)

Боја у *RGB* моделу је описана помоћу три броја која указују на учешће појединe примарне боја од којих је сачињена: први број се односи на црвену, другу на зелену, а трећи на плаву. Ти бројеви могу бити проценти или, еквиваленто процентима, децимални бројеви од 0,0 до 1, али су обично вредности од 0 до неког максимума који зависи од броја битова по пикселу (или броја битова по свакој од три боје од које је састављена слика), тј. од тзв. *дубине боја.*

> Уколико свака од три компоненте (боје) има по 8 бита, онда се ради о 24-битној дубини (3 боје $\times$ 8 бита = 24). Пошто свака компнента (боја) има 8 бита, њене вредности се налазе у распону од 0 до 255 (јер је 2^8 = 256). Када су све три вредности једнаке нули (R=0, G=0, B=0), тј. када нема светлости, боја је црна, а када су све три максималне (R=255, G=255, B=255), боја је бела. Остале боје су између[32].

Ове вредности се, осим у децималном облику, изражавају и користе и у хексадецималном облику. На пример, (255, 0, 0) ≡ (1, 0, 0) ≡ #FF0000.

> Све вредности се могу шематски приказати у облику коцке чије три ивице представљају својеврсне координатне осе: *Red, Green* и *Blue*. У исходишту је црна боја (R=0, G=0, B=0). Бела боја је комбинација максималних вредности све три компоненте (у 24-битној дубини то је 255 по компоненти) и у тој тачки се налази бела боја. Дијагонала која спаја црну и белу боју одговара сивим тоновима између беле и црне (зато се назива „сива оса“). Црна и бела боја су на крајевима дијагонале једне коцке која обухвата све *RGB* боје.

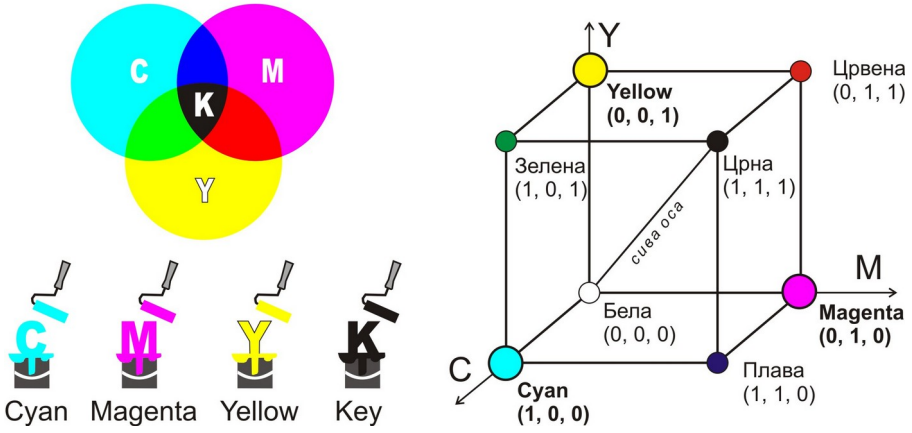
***CMYK* модел боја** је суптрактиван модел боја боја у коме се широк спектар боја производи *одузимањем* црвене, зелене и плаве од беле светлости. Одузимање се врши филтрирањем: тиркизноплави (цијан) филтер од беле одузима црвену светлост, пурпурни (магента) зелену, а жути плаву. Цијан, магента и жута боја су основне боје суптрактивног мешања боја. Одузимање светлости у различитим односима даје палету боја.

[32] Од 2018. године 24-битну дубину слике користи практично сваки екран рачунара и телефона. Она описује укупно 2^{24} = 16 777 216 боја, тзв. *true color.*

Суптрактиван модел боја је погодан за штампу, у којој се од беле боје (основна боја папира) одузима светлост примарне боје помоћу пигмената (мастила) у бојама комплементарним примарним бојама (цијан, магента и жута); пигменти се понашају **као филтери**, одузимајући део светлости која би се иначе рефлектовала. Цијан (тиркизноплави) филтер од беле одузима црвену, магента (пурпурни) зелену, а жути филтер плаву боју.

Теоријски, када се примене сва три филтера истовремено, требала би да се добије црна боја. Но, у пракси, тако добијена црна боја није довољно интензивна, па је овом моделу боја *придодата* и црна боја. Увођење црне боје има и један економски мотив: већина књига и многе друге публикације има текст у црној боји, па би се за њихово штампање морале користити три боје, што је избегнуто додавањем црне боје у модел.

CMYK модел боја је добио име према почетним словима наведених боја (***C****ian,* ***M****agenta,* ***Y****ellow* и ***K****ey*), где *Key* означава црну боју[33].



Слика 5-21: CMYK модел боје и координатни систем (коцка боје)

[33] Не зна се тачно зашто је црној боји (*black*) дат назив *key*; постоје мишљења да је то због тога што је црна боја кључна (*key* на енглеском значи кључ, кључно), или зато што *black* има исто прво слово као и неколико других боја (на пример *blue* и *brown*), па је одабрано последње слово уместо првог (*blac****K***); постоје и друга објашњења.

Боја у *CMYK* моделу је описана помоћу четири броја која указују на проценат учешћа појединe основне боје, у редоследу какав је у називу модела. На пример, (C=0%, M=0%, Y=100%, K=0%) означава жуту боју, а (C=2%, M=93%, Y=90%, K=0%) светлоцрвену. Кад је проценат сваке компоненте 0%, добија се бела боја (боја папира).

Постоји неколико начина да се *CMYK* модел боја графички представи са четири компоненте, али најчешћа репрезентација је тродимензионална коцка боја са осама коју чине основне боје: цијан, магента и жута. Четврта боја, црна, није представљена на коцки јер није примарна боја. Дакле, графичка репрезентација се, строго узевши, односи на *CMY* модел, не на *CMYK* модел.

У *CMY* моделу у исходишту је бела боја (C=0%, M=0%, Y=0%, тј.: 0, 0, 0), а на супротном крају дијагонале коцке коју чине максималне вредности три основне боје налази се црна боја (C=100%, M=100%, Y=100%, тј. 1, 1, 1).

> *RGB* и *CMYK* су основни, фундаменални модели боја. Међутим, нису једини. Специфичне потребе и захтеви, посебно у свету дигиталних технологија, узроковали су настанак низа модела боја, посебно оних који представљају алтернативне репрезентације *RGB* модела, као и оних који покушавају да боје и њихов однос дефинишу на начин на који то чини људско око.
>
> Најпознатији модели су HSV (Hue, Saturation, Value), HSB (Hue, Saturation, Brightness), HSL (Hue, Saturation, Lightness), CIE Lab и Grayscale систем боја. Њихов приказ, међутим, превазилази намену овог уџбеника.

5.2.3 Простори боја

Модели боја описују димензионалност боја: назив, правац и редослед оса координатног система, а конкретне "координате" тог система указују на однос компоненти који чине боју. Но, изглед боја не зависи само од односа компоненти који је чине, већ и од *изгледа самих компоненти* од којих је састављена.

Примера ради: ако уређај А има макар мало другачија светла која мешају боје у односу на уређај Б, онда ће се боје приказане на уређају А разликовати од боја приказаних на уређају Б, без обзира што су њихове координате (тј. однос компоненти боја) на оба уређаја идентичне. Показује се да различити уређаји различито детектују или репродукују дате координате, јер компоненте боје варирају не само у зависности од произвођача, већ и у истом производу током времена. Слично важи и за мастило односно пигменте.

Да би се постигао недвосмислен, једнозначан опис боја, вредности *RGB, CMYK, HSV* и других модела боја морају бити дефинисане *у односу на одређену референтну скалу,* тј. добро дефинисан стандард боја. Стога се моделу боја придружује функција мапирања која релативне вредности пресликава на те стандардне вредности. Модел боја заједно са функцијом мапирања даје тзв. **простор боја**. Простори боја, дакле, релативне описе боја претварају у апсолутне.

Но, и код дефинисања простора боја има једна незгода. Наиме, ако два човека не виде исту боју једнако, како онда експлицитно дефинисати простор боја? Одговор је: у односу на простор боја који је *усвојен као референтан*. Тај референтни простор боја на којем почивају сви простори боја је ***CIE* 1931**.

> На основу резултата серије експеримената који су предузети у вези са перцепцијом боја код људи, спроведених крајем 1920-их година, Међународна комисија за осветљење *CIE* (*Commission Internationale de l'Éclairage*) је 1931. године усвојила стандардизовани колориметријски систем, тзв. *CIE 1931*, прву дефинисану квантитативну везу између дистрибуције таласних дужина у електромагнетном видљивом спектру и начина на који човек физиолошки перципира боје. Дефинисана су два стандарда: *CIE XYZ* и његов дводимензионални приказ у виду дијаграма хроматичности (*CIExy chromacity diagram*). Век касније, *CIE 1931* је и даље стандардна референца која се користи за описивање свих осталих простора боја.

Простори боја се међусобно разликују пре свега по опсегу боја (*gamut*), тј. палети боја која се у датом простору може репродуковати. Те разлике се често могу уочити на први поглед: аналогна ТВ, дигитална ТВ, штампане слике, видео

записи, итд., имају различите боје и опсеге чак и када им је резолуција иста.

У оквиру истог модела боја може да постоји више простора боја. *RGB* модел има највише, више од десет. Најпознатији су *sRGB, Adobe RGB*, *ProPhoto RGB* и *Wide gamut RGB*. И CMYK модел боја има више простора боја, нпр. *ISO Coated v2*, *U.S. Web Coated (SWOP) v2*, и *Japan Color 2001 Coated*.

> *CMYK* модел боја је вишеструко погодан за штампање разних публикација у боји. Посебно је погодан за штампање публикација које имају велики број боја, јер тада до изражаја долази његова економичност: са четири основне боје добијају се све остале. Уз то, ефикасан је и у репродукцији фотографија и сложених слика са суптилним преливима боја, даје глатке прелазе боја и градијенте и сл. Међутим, штампање боја једне преко друге има и негативне ефекте, пре свих ограничену прецизност боја (не може да репродукује одређене светле и живописне боје) и отежано подударање боја због варијација у опреми за штампање, папиру и другим факторима.
>
> Стога су дефинисане тзв. *спот боје* које се у штампи користе индивидуално, засебно, без мешања са неком другом бојом. Оне се праве унапред, према одговарајућем индустријском стандарду. Најпознатији стандард за спот боје је *Pantone Matching System*, комерцијалан простор боја дизајниран да обезбеди конзистенцију боја у репродукцији. Он почива на скупу стандардизованих и бројевима означених предефинисаних боја мастила за штампу (укупно 1114 боја). Коришћење спот боја уместо *CMYK* омогућава прецизније подударање боја, посебно када је реч о различитим методама штампања и материјалима на којима се штампа, као и у примени металик и флуоресцентних боја.

5.2.4 Хармонија боја

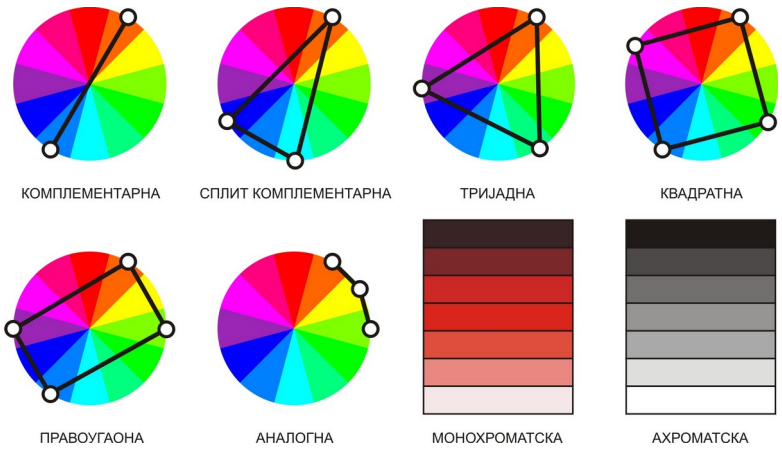
Свака појединa боја има своје перцептивно, психолошко и естетско дејство, али када се две или више боја користе заједно, ни једна се више не види изоловано, већ у интеракцији, синергично. Комбинацијама одређених боја могу се остварити различити ефекти: смиреност или узбуђење, монотонија или динамика, пријатна или непријатна емоција. Зато је избор боја у композицији важан, како би се код

посматрача пробудила жељена емоција, односно предупредила нежељена.

Комбинација боја која ствара угодан, складан осећај назива се **хармонија боја**. Хармонија боја се постиже коришћењем сличних, комплементарних (међусобно допуњујућих) и/или контрастних (наглашено различитих) боја, чиме се стварају склад и равнотежа у композицији и постиже осећај смирености или динамичности, односно напетости или привлачности. Вешто комбиновање боја на картама доприноси не само њеној атрактивности и привлачности, већ је и у функцији њеног лакшег, бржег и правилнијег читања.

За успешно комбиновање боја потребно је поштовати одређена *општа правила комбиновања*. Она нису довољна да се у баш свим ситуацијама избегну нежељени ефекти, али су добра као општи путоказ чијим се поштовањем смањује ослонац на субјективну перцепцију боја..

Као помоћ у комбиновању боја разрађене су тзв. *шеме боја*, на основу којих се праве хармоничне комбинације боја у зависности од *њиховог односа (положаја) на кругу боја.* Постоје многе шеме, а неке од најчешћих су приказане на доњој слици.



Слика 5-22: Основне шеме боја

Комплементарна шема се састоји од две боје које се на кругу боја налазе једна насупрот другој. Таква комбинација даје најјачи могући контраст, што је у многим дизајнима пожељно, али може бити и узнемирујуће ако се бојама не управља на одоварајући начин. На пример, текст и позадина у комплементарним бојама су тешки за читање.

Сплит комплементарну шему чини једна боја упарена са две боје суседне њеном комплементу. Има сличну визуelну привлачност као комплементарна шема, али са блажим интензитетом. Обично се доминантно користи једна боја, док остале две служе за наглашавање. То правило важи и за друге шеме које садрже више боја.

Тријадна шема такође има три боје као сплит комплементарна шема, али су овде боје на једнаком растојању једна од друге, чинећи истостранични троугао на кругу боја. Може да садржи три примарне, три секундарне или три терцијарне боје. Нуде јак контраст, сличан комплементарним бојама, али је он лакши за око од обичног комплементарног пара.

Квадратна и правоугаона шема су веома сличне јер обе користе два пара комплементарних боја; зато се за обе користи и заједнички назив: тетрадна шема. Обе дају агресивне комбинацију боја, па је веома важно да се не користе у истом односу; најбоље је да се једна боја из шеме користи као доминантна, а остале само за наглашавање. Правоугаона шема је нешто суптилнија од квадратне.

Аналогна шема се састоји од три боје које се на кругу боја налазе једна поред друге. Боје у овој комбинацији делују смирујуће, поготово када се користе у односу 60:30:10. Такође, треба их бирати тако да буду исте температуре: или све топле или све хладне боје.

Монохроматску шему чине различити тонови једне боје исте засићености. Стога ову шему карактеришу једноставност и кохезивност. Монохроматске шеме боја могу створити хармоничан и елегантан изглед и обично се користе за постизање суптилног и јединственог визуелног ефекта.

Ахроматска шема почива на ахроматским бојама, црној и белој, које немају ни доминантну таласну дужину (*hue*) ни сатурацију, само валер. Дакле, комбинују се, уз белу и црну, само још и сиви тонови. Упркос томе, ахроматска хармонија боја је прилично разноврсна и допадљива. То је неутрална комбинација, ни топла, ни хладна и у томе је њена основна разлика у односу на монохроматску шему. Као и монохроматска, и ахроматска шема је једноставна и када се води рачна да суседни валери буду довољно контрастни, даће визуелно кохезиван изглед.

5.2.4.1 Напомене у вези са постизањем хармоније боја на картама

Наведене хармоније боја су само смернице за комбиновање боја које добро функционишу заједно. Међутим, њихова примена није увек гаранција да се неће постићи другачији, па и супротни ефекти од жељених. Просто, нису све безбројне могућности варирања сатурација и валера у оквиру одабране комбинације пријатне за око. С друге стране, понекад и одступање од препоручених шема може довести до складне комбинације. Дакле, избор боја је увек подложан субјективизму картографа, а од његовог искуства и вештине ће зависити да ли је дата комбинација хармонична или не.

> Проблем правилног избора боја је најмање изражен код топографских карата. Код њих је тежиште на обликовању сигнатура и положајној тачности, јер оне служе за техничко пројектовање и картометрију, а оне најкрупнијих размера и за кретање по земљишту и оријентацију. На топографским картама доминирају линијски ликовни елементи, док су површински елементи, као њихова допуна, благо назначени. Стога се за топографске карте препоручује мањи број боја, обично једна до пет. Дакле, ту су боје у другом плану, а тиме и њихов избор који, наравно, и на овим картама треба да је хармоничан. Код општегеографских и тематских карата доминирају површински ликовни елементи, па се број боја увећава, а расте и њихов значај с обзиром на намену ових карата. Код општегеографских карата број боја највише зависи од начина приказа рељефа (и ретко прелази 10-15 боја), док су по том питању најзахтевније неке

> тематске карте (нпр. геолошка карта) на којима се може наћи и преко двадесет боја, а у екстремним ситуацијама и више од тога. Сагласно томе, правилан избор боја на овим картама долази у први план, а велики број боја представља отежавајући фактор за картографа.

Основно правило за избор комбинација боја је да треба користити **што мање боја** да би се остварио жељени ефекат. Што је мање боја, лакше је препознати добру комбинацију и мања је могућност да се погреши. Превише боја је већа грешка него премало боја. То правило важи и када се унапред зна да број боја на карти мора бити релативно велик (нпр. геолошка карта). Естетско и дизајнерско правило "мање је више" важи и у картографији.

Друго правило је да треба посматрати туђа успешна решења и на њима градити своја. Није грех ни ако се туђе решење преузме у потпуности, у комбиновању боја не треба бити оригиналан по сваку цену, већ ефикасан. Искусни картографи имају унапред припремљене палете боја за које су сигурни да ће дати добар резултат. Наравно није свака хармонична комбинација погодна за примену на свакој карти, па се не могу припремити комбинације за све ситуације, али неколико добрих комбинација свакако могу олакшати правилан избор и осигурати успех.

Треће правило је да се до успешне комбинације боја долази експериментисањем, вишекратним варирањем боја, сатурација и валера. Само картографи са природним афинитетом и талентом или великим искуством брзо долазе до прихватљивог решења; осталима не преостаје друго него да до њега дођу у више итерација, путем покушаја и грешака и да на томе стичу искуство. Захваљујући савременим технологијама, данас је то лакше него у прошлости, поготово ако ће се карта користити на рачунару. Постоји и онлајн подршка која може бити од велике помоћи при избору боја (нпр. *ColorBrewer, Canva's color palette generator*, итд.).

5.2.5 Скале боја у картографији

У картографији се, у зависности од врсте података, користе две скале боја: *квалитативна* (номинална, категорична) и *квантитативна*.

Квалитативном скалом боја се приказују појаве које се квалитативно разликују: различити географски елементи карте, различите врсте објеката, различите врсте усева, простирање различитих нација, вера, језика, и сл. Дакле, приказују се они подаци који указују „где је шта“, без међусобног квантитативног поређења. У квалитативној скали, боје првенствено треба да се добро разликују једна од друге и да не сугеришу неки редослед, па се ове скале састоје од палета боја (*hue).* Ако се ради о појавама које се простиру површински, квалитативна скала се може формирати и без различитих боја, помоћу растера различитих густина. Могу се користити и монохроматске и ахроматске шеме боја, мада се оне опрезно користе, јер сугеришу да међу појавама постоји неки поредак.

Квантитативна скала боја се користи када када међу подацима који се картирају постоји неки квантитативни однос који се жели приказати, било да се ради о хијерархији („мало-веће-највеће“) или њиховом тачном међусобном односу однос (релативном или апсолутном).

Квантитативне скале могу бити *секвенцијалне* – када су подаци поредани у редослед од најмањег до највећег, или *дивергентне* – када у подацима постоји нека средња вредност у односу на коју се приказују приказују веће и мање вредности.

Секвенцијална скала боја прати раст вредности по принципу: "што је већа вредност – тим тамније“. Тај ефекат се може постићи променом валера (коришћењем монохроматске шеме боја), променом сатурације (засићења) или коришћењем ахроматске шеме боја, као и коришћењем растера

одговарајућих густина (најмање густина за најмање вредности, највећа густина за највеће).

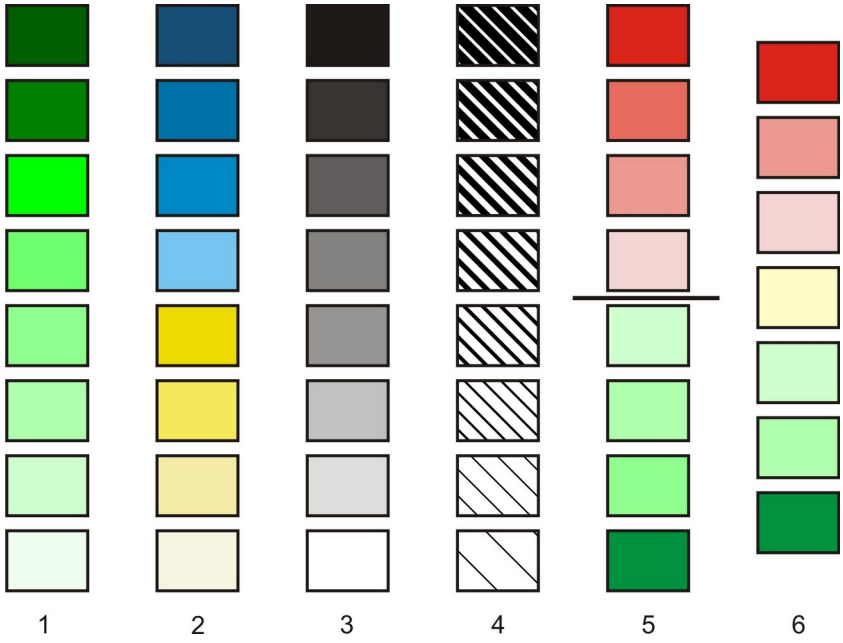
> Секвенцијална скала се може, формално узевши, формирати и помоћу самих боја (*hue*), пошто оне, као што је речено, имају властити валер (од најсветлије жуте до најтамније љубичасте), али се то ради, само у изузетним околностима, када је број потребних боја мали и када њихова примена неће довести читаоца у заблуду.

Изузетно, за редослед тонова се може применити обрнута скала: "што је мања вредност – тим тамније". Но, то се ради само у ретким случајевима када желимо да истакнемо податке који имају најмање вредности и то експлицитно нагласимо. На пример, на карти са насловом „Општине са најнижим густинама насељености“, најмање вредности ће бити приказане најтамнијом бојом, а највеће најсветлијом.

Дакле, основни приступ је да повећањем вредности појаве, скала постаје тамнија, и обрнуто. При томе, може се не мора увек користити само једна боја, могућа је и примена више боја истовремено; по томе разликујемо *једнотоналне* и *вишетоналне* скале.

Дивергентна скала се састоји од две секвенцијалне скале: једне која приказује редослед вредности већих од средње, и друге која приказује редослед вредности мањих од средње вредности. Средња вредност се приказује или линијом која раздваја две скале на месту где су оне најсветлије, или, ако се ради о средњој вредности приказаној класом, неком светлом или неутралном бојом која је заједничка за обе скале. Са удаљавањем од средње вредности, боје имају све тамније тонове. Осим монохроматским шемама боја, исти ефекат се може остварити и различитим растерима одговарајуће градираних гусина, али не и ахроматским шемама.

> Приликом састављања скале треба имати у виду да људско око јасније види разлике у светлим тоновима него у тамним. На пример, разлика између 5% и 10% сиве је оку јасна, док разлика између 90% и 95% сиве многима није.



Слика 5-23: Секвенцијалне и дивергентне скале боја: монохроматска једнотонална (1), монохроматска вишетонална (2), ахроматска (3), растерска (4), дивергентна са критичном вредношћу (5) и дивергентна са критичном класом (6)

5.3 Писмо

Писмо је начин графичког представљања односно записивања језика. После говора, оно је најважнији феномен културне историје човечанства. Сматра се да је настало у Сумерској цивилизацији пре 4.000 година.

> Вук Стефановић Караџић (1787–1864) у предговору свога буквара (*Први српски буквар*, Беч, 1827. године) каже: "Што су гођ људи на овоме свијету измислили ништа се не може успоредити с писмом. Пријатељу или знанцу своме, који је на далеко преко бијелог свијета, послати мисли своје на комаду артије; читати што су други писали прије двије иљаде година и написати да могу други послије неколико иљада година читати; то је наука која ум људски готово превазилази, и могло би се рећи да је онај који је први њу измислио, био више Бог него човјек."

Писмо је пролазило кроз три основне фазе: у почетној је то било *сликовно* (пиктографско) писмо, а временом су слике прерасле у скуп усвојених знакова (идеограма), чиме је сликовно писмо прерасло у *појмовно* (идеографско). У трећој, завршној фази, идеограми се претварају у фонограме тј. *скуп симбола* – *слова* (графема) заснован на принципу да слова представљају гласове. То је данашњи алфабет; за системе који припадају латиници користи се и израз *абецеда*, а за ћириличне системе *азбука*.

Средином XV века немачки проналазач Ј. Гутенберг[34] је за штампање књига применио револуционарну технику *штампања покретним словима*. Књиге су до тада умножаване ручно или тако што је цела страница књиге урезивана у блок дрвета (као печат); дакле споро и мукотрпно. Гутенберг је свако слово и знак излио у олову, а затим их је слагао на тзв. *словну форму* (*словни оквир*) у речи и реченице, тако да формирају редове текста једне странице књиге; када се словна форма за једну страну књиге попуни, она се уметне у штампарску машину, нанесе боја и изврши отискивање стране

[34] *Johannes Gensfleisch zur Laden zur Guttenberg*, 1398 – 1468

у онолико примерака у колико се штампа књига. Потом се слова изваде из словне форме и поново користе за формирање текста за следећу страну, итд.; у том смислу, слова су „покретна“, па отуда и назив овој техници.

Та техника је довела до појаве типографског[35] писма.

Наиме, словни знаци су се почели обликовати на различите начине, формирајући тако једну конзистентну стилску целину – типографско писмо – која се по визуелним и другим карактеристикама разликовала од неке друге такве целине, тј. од другог типографског писма. Да би се лакше разликовала, писма су добила посебна имена: *Garamond, Grotesk, Calibri, Helvetica, TimesRoman, Arial, Calibri, Futura*, итд.

То су типови (врсте) писама.

Слика 5-24: Слагање слова у словну форму (словни оквир)
(https://mmop.org.au/program/educ/typod2.htm)

Тип писма (енгл. *typeface*) се односи на дизајн одређене *колекције знакова*: облик и пропорције великих и малих слова, знакова интерпункције и специјалних знакова,

[35] Типографија се бави избором слова и њиховом организацијом на штампаној страници тако да текст буде читак и привлачан. То се остварује: избором одговарајућег облика и величине слова и других знакова; размаком између слова и речи; размицањем и дужином редова; величином маргина; количином и местом илустрација; односом наслова, поднаслова и текста; коришћењем боје и сличним поступцима од значаја за жељени изглед странице.

пропорција дијакритичких елемената (нпр. "квачице" на нашим латиничним словима), присуство или одсуство одређених детаља, итд. У техници штампања покретним словима свака се величина слова неког писма морала изливати посебно; један такав скуп слова се називао – *фонт*, према старофранцуској француској речи *fondre* која значи *топити, ливати*. Писмо се, дакле, састоји од више различитих фонтова који имају заједнички дизајн, тј. припадају истом типу писма, при чему је фонт материјална реализација тог дизајна.

> Пошто је у стоном издаваштву омогућен одабир различите величине фонта, код дигиталне припреме за штампу појмови *фонт* и *писмо* (*typeface*) се често користе као синоними.

Под **словним знацима** се подразумевају сви знаци који се налазе у типографском писму.

курентна (мала) слова	**абвгдђежзијклљмнњопрстћуфхцчџш**
верзална (велика)слова	**АБВГДЂЕЖЗИЈ КЛЉМНЊОПРСТЋУФХЦЧЏШ**
бројке (цифре)	**0123456789**
средњовековне бројке	**1234568989**
наглашена (акцентована) слова	**ČĆŠŽĐÄÖÜÁÍÓŐÚŰ**
знакови интерпункције	**! ? , " - . : ; ( ) ***
математичке операције и ознаке	**+ = / – <> % ° ≤±≥≈ ≠**
специјални знакови	**$ # @ & € ™ ©£§**

Слика 5-25: Словни знаци типографског писма (typeface)

Графички приказ сваког словног знака у неком писму назива се *глиф* (*glyph*).

Осим по величини слова, фонтови се могу разликовати и по другим елементима, а да ипак задрже све битне карактеристике типа писма којем припадају. Ти елементи (атрибути) се називају **резови** и то су у ствари различите стилизације: различите *тежине* (различита дебљина потеза који чине слово или знак, од веома танких до веома дебелих, у чак 7-8 градација); различити *стилови* (усправна или роман /регуларна/, нагнута удесно /курзив, италик/ или улево и подебљана /болд/); подвучена слова; слова која имају или повећан размак у речи (раширена, експандирана) или имају смањен размак (сабијена, кондензована); само велика слова (*верзал*) или само мала слова (*курзив*), итд.

Сваки рез даје један фонт, а пошто се резови често комбинују (нпр. болд италик, италик кондензован, болд италик експандиран, итд.) и свима се може мењати величина, број фонтова у једном писму може стварно бити велик.

Сви резови неког писма чине **фамилију** (нпр. *Helvetica*). Фамилија се може схватити и као синоним за типографско писмо, мада је код ње важан само изглед писма, а величина се не спомиње.

Прву фамилију (породицу) је креирао француски издавач и гравер К. Гарамо[36], средином 16. века, која је названа по његовом презимену – *Garamond.*

Слика 5-26: Део фамилија Helvetica, Bodoni и Franklin;
прва фамилија приказује и градицију тежине, од најмање до највеће

Најмања јединица мере у типографији је **типографска тачка**, а означава се са *pt* (*punkt, point*). Величина тачке је варирала током историје штампања, а развојем стоног издаваштва

[36] *Claude Garamont* (око 1510–1561), познатији као Garamond

настао је дефакто стандард њене величине, која износи 1/72 међународна инча (0,3528 mm). Већа јединица је цицеро (*cicero*), која износи 12 pt; и његова величина је варирала са величином тачке, а данас је у стоном издаваштву општеприхваћени стандард енглески цицеро, тзв. пика (*pica*), који износи 4,2333 mm; означава се латиничним словом "p". У новије време се за слова све чешће користе јединице метарског система (mm, cm) или империјалног система (инч).

Постоји више **подела типографских писама**. Најопштија је подела на **серифна** и **санс-серифна** (безсерифна)[37] писма; поједини аутори додају и трећу групу, **скрипт** писма.

Серифи су неструктурални детаљи – мале линије додате крајевима неких слова у писму. Избор између серифног или санс-серифног писма често се своди на специфичан случај употребе или естетику дизајна; серифна слова се сматрају традиционалнијима и формалнијима, док се слова без серифа сматрају модернијима и чистијима.

Слика 5-27: Серифно, санс-серифно и скрипт писмо

Начелно, серифна писма се сматрају читљивијим, па се обично користе за штампање књига, новина и карата. Санс-серифна су, међутим, читљивија на екранима рачунара, па се користе у системском и апликативом софтверу, интернет страницама итд; такође се често користе у савременом дизајну.

Скрипт писма имитирају рукопис, посебно калиграфски стил и доиста се значајно визуелно разликују од серифних или санс-серифних писама.

Постоје и друге класификације типографских писама. Оне почивају на сличностима у визуелним и геометријским карактеристикама или прате њихов развој током времена.

[37] од француске речи *sans* = без

Постоје и класификације које покушавају да обједине оба приступа. У једном тренутку развоја типографије, када је дошло до међународне размене штампарских услуга, појавила се потреба да се пронађе систем класификације типографских слова који би био широко прихваћен.

Након бројних покушаја класификације, Међународна типографска интенационала *ATypI* (*Association Typographique Internationale*) је усвојила поделу по којој су сва писма сврстана у 3 категорије од којих свака има три поткатегорије, а накнадно су додате још три самосталне поткатегорије:

1. КЛАСИЧНА ПИСМА

Humanist или **Венецијанска** *(Centaur and Cloister,...)*

Garalde (*Bembo, Garamond,...)*

Transitional или **Барокна** *(Baskerville, Times Roman,...)*

2. САВРЕМЕНА ПИСМА

Didone *(Bodoni, Walbaum, ...)*

Mechanistic *(Clarendon, Egyptienne, Rockwell, ...)*

Lineal

Grotesque (Headline, Monotype 215, Grotesque No. 6, ...)

Neo-Grotesque (Helvetica, Univers...)

Geometric (Century Gothic, Futura, ...)

3. КАЛИГРАФСКА ПИСМА

Glyphic или **Урезана** (Albertus, Copperplate Gothic, Trajan, ...)

Script (Shelley, Mistral, Francesca, ...)

Graphic (Banco, Klang, ...)

Самосталне поткатегорије

1. *Blackletter* (Fraktur, Deutsch Gothic, Chomsky, Balgruf, ...)

2. *Gaelic* (галско писмо)

3. Нелатинска писма: грчко, ћирилично, хебрејско, арапско, кинеско, корејско, итд., без разлике у стиловима)

Мора се нагласити да су нека писма сврстана у одређену групу, а имају поједине карактеристике по којима би могли бити сврстани у суседну групу. Дакле, систем није савршен, али је ипак драгоцена помоћ у комуникацији и опису слова. Овај систем се и даље развија, није коначан.

5.3.1 Писмо као картографско изражајно средство

Писмо се на картама користи на два места: на маргинама и у пољу карте.

За коришћење писма **на маргинама** важе уобичајена типографска правила која треба да обезбеде прегледан, читљив и визуелно привлачан текст (односно комбинацију текста и нетекстуалног садржаја, јер на маргинама карте могу бити и легенда са сигнатурама, графикони, табеле, лого издавача и други садржај).

Међутим, **у пољу карте** се писмо користи другачије. Главна разлика проистиче из чињенице да оно није на белој подлози, већ на цртежу карте, тј. на много различитих врста подлога: линија и површина различитих дебљина, боја, текстура и густина. У таквом окружењу текст се може стопити са позадином и постати нечитљив или тешко читљив, посебно када је његова величина мала. Текст на карти људско око чита слово по слово, јер се он не протеже увек дуж хоризонталних линија, већ и по нагнутим и/или кривим линијама. Наиме, писмо у пољу карте је увек у некој вези са приказаним појавама и објектима, некад само да би их именовао, али често и као помоћ читаоцу за бољу оријентацију на карти и квалитативно или квантитативно разлучивање приказаних појава и објеката. Уз то, писмо се на картама понекад користи и као *самостално изражајно средство*.

Стога за коришћење писма као изражајног средства важе не само типографска већ и посебна правила који проистичу из

његовог значаја као изражајног средства у конкретној ситуацији на карти. Штавише, типографска правила су некада у другом плану, ако то смањује функционалност карте.

Писмо се на карти користи првенствено за исписивања **топонима** тј. географских назива (имена) предела, насељених места, река, објеката, итд., као и за **непосредна објашњења** ("школа", "шума", "стрелиште", и сл.). Посебну подцелину чине **скраћенице**, које могу бити део назива или део непосредног објашњења. Користе се ради смањивања графичког оптерећења карте, за појмове који се чешће јављају (шк. – *школа*, пл. – *планина*, Д. – *доњи-е-и*, Г. – *горњи-е-и,* итд.). Њихово значење се приказује у легенди односно картографском кључу.

И за **бројчане и словне ознаке** (сигнатуре) важе правила која се односе на писмо као средство картографског изражавања.

> Бројеви нису део писма у ужем смислу, али су део система писања и могу се сматрати писмом у ширем смислу; картографија их третира као део писма.

Коначно, писмо се на карти користи и као *засебна сигнатура*, на пример за означавање руда на картама минерала одговарајућим хемијским симболима: *Fe* за гвожђе, *Cu* за бакар, итд.

> Постоје и карте без писма ("неме карте"), али се оне израђују за специфичне потребе (нпр. за оријентирунг или као наставно средство); већина карата мора имати писмо, иначе би биле бескорисне или имале врло ограничену употребну вредност.

б. ст.	бензинска станица	сил.	силос
цг.	циглана	ман.	манастир
ек.	економија	скл.	складиште
фбр.	фабрика	*пл.*	планина
ХЕ	хидроелектрана	*ч.*	чука
шк.	школа	*р.*	река
слш	салаш	*кнл*	канал
ТЕ	термоелектрана	*п.*	поток
ж. ст.	железничка станица	*б.*	бара

Слика 5-28: Скраћенице на TK25/IV у издању нашег ВГИ

Основно правило за примену писма на карти је, аналогно примени боја, да на њој не буде сувише различитих типова писама. Боље је употребљавати резове једног или два писма него неколико различитих писама. То не мора нужно бити нека варијанта истог типа писма, ефекат другог (а визуелно сродног) писма се постиже и променом размака између слова у једном називу (тј. променом *шпациона* или *кернинга*). Дакле, тип је исти, иста је величина, али се увећава размак између слова у једном називу, обично за 1/4, 1/3, 1/2, 2/3 и 3/4, а за исписивање назива површина и више. На сличан начин се користе и кондензована (сабијена) слова.

Истоврсни топоними се исписују, по правилу, истим писмом. На пример, сви ороними писмом *Century Italik*. Међутим, допуштене су, понекад чак пожељне, разлике у резовима. Тако ће, на пример, називи неких оронима имати различит шпацион, јер се тежи да назив прати простирање оронима. Или, сви називи насељених места се могу дати у писму *TimesRoman*, при чему су називи највећих насеља у верзалу (великим словима) и подебљано, мањих насеља подебљаним курентом, а најмањих обичним курентом; тако се и величином и стилом назива насељених места указује на разлике у величини насељених места.

Непосредна објашњења се дају идентично, без разлика у писму или резу, док се за скраћенице могу мењати боја (нпр. плава за хидрографију) и, евентуално, нагиб.

У картографији предност имају санс-серифна писма, јер су слова сведенија па мање оптерећују карту. Примена серифних писама је имала оправдање на једнобојним (црно-белим) картама, на којима серифи олакшавају читање. Пошто данас на картама имамо, по правилу, више боја, предност се даје писмима без серифа.

> Но, серифна писма нису забрањена, постоје и савремене карте са врло успешним применама серифних писама.

Слика 5-29: Старији типови писма на једнобојној карти
(Peterca i dr., 1974)

На картама се често се користе и различите величине слова истог писма. Разлике у величини 25% и веће се лако уочавају и разликују.

Читљивост слова опада на интензивније обојеним површинама на карти, о чему треба водити рачуна при одређивању њиховог облика, величине и боје. За називе се обично усваја црна боја, осим за хидрографију за коју се усваја плава боја.

Писмо мора бити читљиво у малим величинама, а пожељно је да буду мало ужа и са нешто мањим шпационом, како би се

избегле предугачке линије и олакшало читање. Поједина слична слова морају се изгледом разликовати тако да се избегне њихова замена, тј. грешке у читању. Начелно, минимална величина писма је 6-7 пункта за штампане карте односно 9-10 пункта за дигиталне карте.

[pt]	Географски назив	[cm]
4	Београд	0,20
5	Београд	0,35
6	Београд	0,55
8	Београд	0,90
10	Београд	1,30
12	Београд	1,60
16	Београд	2,20
20	Београд	2,80
24	Београд	3,20

Слика 5-30: Величина писма (Arial) и граница читљивости

Верзал (велика слова) треба користити опрезно, само за најважније називе (обично већа насељена места), јер је текст исписан верзалом за око 30% дужи од текста исписаног курентом (малим словима).

Различити стилови и тежине писма морају се јасно разликовати један од другог. Могу се комбиновати серифна и санс-серифна писма, али опрезно и са мером.

Остала правила су у вези са позиционирањем (смештајем) назива, непосредних објашњења и бројчанословних ознака. При њиховом позиционирању треба водити рачуна да се они налазе у окружењу осталог садржаја карте, али да и поред тога морају бити лако уочљиви (у односу на карту и међусобно) и читљиви[38].

[38] Ова проблематика је детаљније разрађена у поглављу које се односи на географске називе као географски елемент карте

Слика 5-31: Називи земљишних облика, насеља и области (предела),
у зависности од величине појаве
(Војногеографски институт, 1981.)

6. ОБЛИКОВАЊЕ КАРАТА

Под обликовањем карата се подразумева испитивање и избор картографских средстава изражавања за приказ садржаја карте. Обухвата обликовање картографских знакова, обликовање назива и избор боја тако да служе основној намени карте, односно да чине складну целину која је у функцији прегледности и читљивости.

Обликовање карте је традиционални картографски појам који се у новије доба замењује појмовима *моделовање карте* и *дизајн карте*.

У обликовање карата спада и обликовање ваноквирног садржаја. Оно треба да буде визуелно усклађено са картираним садржајем, функционално и привлачно за читаоца. Ту се налазе и објашњења и напомене од значаја за разумевање и коришћење приказаних информација, укључујући и одговарајућа помагала за мерења на карти, понекад и неки помоћни картографски приказ, фотографије и сл..

Обликовање карте тежишно зависи од намене карте и размере карте. На пример, код крупноразмерних карата, тежиште је на геометријској тачности и картометричности, па се томе прилагођавају облици сигнатура, начин исписивања назива, боје и остали елементи, тако да би се могло казати да изглед такве карте има више технички карактер. Но, и код њих мора постојати одређени естетски минимум, како би употребна вредност карте била потпуна. Код ситноразмерних карата, међутим, тежиште се помера ка сликовитости и пластичности приказаног садржаја, а геометријска тачност је

у другом плану. Ту картограф има више ауторске слободе, али су естетски захтеви строжији.

Када је карта намењена специфичној структури читалаца, њено обликовање се мора прилагодити тим специфичностима. Карте намењене деци, слабовидим особама, особама неосетљивим на боје и другим специфичним читаоцима, морају се обликовати тако да уважавају њихове особине, ограничења и предзнања, јер ће се само тако остварити највиши степен комуникације.

> На пример, карте намењене предшколској деци треба да имају јарке и живописне боје, чак веома контрастне; једноставне и предимензиониране сликовне сигнатура и илустрације обликоване тако да привуку дечју пажњу; пожељно је да немају текст, а ако га има, бирају се неке неконвенционалне врсте писма.

Слика 6-1: Карта намењена деци
(https://www.hancockfloorcoverings.com.au/home.php)

Задатак карте није само да излаже чињенице, већ и да их повезује као појмове. На карти треба да се јасно издвајају они скупови објеката и појава који су од значаја с обзиром на намену карте. Класичан пример је повезивање географских елемената бојом: хидрографија (воде) се приказују плавом

бојом, вегетација зеленом, рељеф браон, а вештачки објекти (насеља, саобраћајнице, споменици, итд.) црном.

На обликовање карте значајно утиче и њен употребни облик и контекст у којем ће се користити: на папиру или на рачунару, формат карте (зидна, стона, атласна...), услови осветљења под којима ће се карта користити, време расположиво за читање, итд. Растојања са којег се карта чита – *праг читљивости* – одређује минималне и максмалне величине сигнатура, дебљине линија, интензитет боја, величину и врсту писма, итд.

> Када карту гледамо са велике даљине, видимо само њене опште обрисе којима се одваја од околине. Како јој се приближавамо, видимо све више; најпре њену грубу структуру – поље карте и маргине, можда наслов карте, велике делове картиране површине који имају исту или сличну боју (море, копно), а потом све више детаља. У једном тренутку долазимо на растојање са којег можемо да читамо сваки знак, свако слово, сваку бројку; то растојање са ког се може читати сав садржај карте назива се **праг читљивости (видљивости).**

Добро обликована карта мора да задовољи **следеће захтеве**:

- симболичност сигнатура,
- читљивост,
- прегледност,
- контрасност (визуелну хијерархију),
- естетичност и
- геометријску тачност

Најквалитетније обликована карта је она који најбоље задовољава ове захтеве. У пракси је, међутим, тешко одговорити на све захтеве у потпуности, јер захтеви који се односе на намену карте и њену функционалност имају приоритет.

Симболичност сигнатура се заснива на повезивању изгледа сигнатуре са изгледом или функционалном карактеристиком објекта (појаве) коју приказује, тако да поглед читаоца на

сигнатуру одмах асоцира на тај објекат или појаву. Симболичност се, највећим делом, постиже: *обликом знака* (нпр. знак за цркву), *бојом знака* (на пример, плава за хидрографију) и *величином знака* (на пример, већи кружић представља веће насеље) и назива.

> Симболичност сигнатура често није у вези са конкретном културом или нацијом, па су поједине сигнатуре интернационално препознатљиве. Постоји један број сигнатура које је, уз мање модификације или без њих, у пракси прихватио већи број земаља. Тај тренд је делом одраз међународне сарадње у области картографије, делом прихватања успешних решења независно од тога ко их је први применио, а делом и последица свеопште глобализације, посебно интернета.

Читљивост карте се постиже када се са одговарајућег растојања (прага читљивости) може видети сваки картографски знак на карти као посебан облик који се јасно издваја од других облика, а сваки назив и други текст да се без напора прочита. Величина знака највише утиче на читљивост, док нешто мање утичу облик и боја знака. Оно што је испод прага видљивости не улази у структуру карте и о томе се мора водити рачуна при димензионирању знакова, слова и бројева. Међутим, што су њихове димензије веће, већа је и површина коју заузимају на карти, а то може да утиче на мању прегледност или на потребу да се број знакова смањи. Задатак картографа је да нађе прави однос између величине знакова и њиховог броја на карти, који неће шкодити читљивости карте.

> У картографској литератури се могу наћи подаци о минималним величинама сигнатура у зависности од удаљености са које се карта на папиру или на екрану чита (минимална дебљина линије, минимално растојање између линија и између објеката, минимална величина површинских сигнатура, итд.). Препорука је да се користе увек мало веће величине од наведених, како би се разлике у облицима могле јасно уочити и када читалац нема довољно времена или нема оптималне услове за читање.

Прегледност карте омогућава лаку и брзу оријентацију и разумевање података. То захтева да се важнији садржај визуелно издвоји од осталог садржаја (визуелна хијерархија) и да се добро издиференцирају поједини елементи и њихове

категорије. Истовремено, прегледна карта мора пружити компактну слику картиране територије приказујући узајамне везе појединих елемената.

Прегледност се постиже рационалним обликовањем сигнатура и картографском генерализацијом (уопштавањем). Рационално обликовање сигнатура подразумева да су оне стилизоване што једноставније, без иједне сувишне линије или тачке (насупрот симболичности која обично тражи више детаља који знак асоцирају на објекат или појаву у природи).

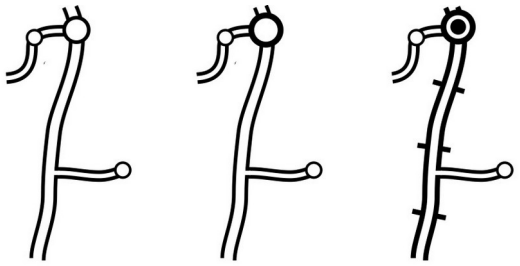
На прегледност карте значајно утиче *графичко оптерећење*. Графичко оптерећење карте је однос површине покривене цртежом и укупне површине карте. Тај однос се може срачунати за сваку карту. Нека испитивања показују да добру прегледност имају оне карте код којих покривене површине не прелазе 16% од укупне површине карте. Међутим, код ситних размера прегледне су и оне карте са до 25% покривености површине, јер се то „вишак“ оптерећења компензује већим бројем боја на карти, што, начелно, иде у прилог прегледности карте.

Контрастност се односи на визуелне супротности ликовних елемената које се користе да сигнатуре на карти буду уочљиве, читљиве и јасно издиференциране у односу на основу и између себе. Осим тога, контрасност је најважнији алат који се користи за успостављање визуелне хијерархије података, тј. да је оно што је важније уочљивије од онога што је мање важно, са аспекта намене карте и њеног читања.

Супротности ликовних елемената подразумевају односе између светлог и тамног, између ширине и висине, између већих и мањих површина, између боја (односно између сваког од њена три атрибута), итд. Разликује се *умерени контраст*, где су супротности уочљиве, али одмерене; затим *наглашени (акцентирани) контраст*, где су супротности јако уочљиве; и *доминантни контраст*, где су супротности такве природе да доминирају цртежом карте.

Контрастност треба користити са мером и без претеривања; карта са превише доминантних или акцентираних

контрастности постаје тешка за читање и непрегледна, одбојног изгледа, па такве контрасте треба користити опрезно.



Слика 6-2: Примери умереног, наглашеног и доминантног контраста (слева на десно)

Естетски изглед карте се постиже усклађеношћу ванског и унутрашњег садржаја карте, лепо обликованим цртежом, хармоничношћу, сликовито и пластично приказаним садржајем карте, писмом усклађеном по облику и величини.

Први утисак који се стиче о карти јесте емоција коју изазива. Од те емоције зависи степен привлачности или одбојности карте. Међутим, естетски изглед карте није циљ за себе, већ треба да доприноси функционалности карте. Исправно примењена естетика доприноси прегледности и читљивости.

Треба уочити да добра карта садржи све елементе уметничког изражавања ликовне уметности (цртеж, боју, светло, композицију, текстуру, форму и простор, итд.), односно иста средства изражавања. Заједничко је и то што су и ликовна уметност и карта облици комуникације са публиком и што се и једна и друга ослањају на визуелну перцепцију. Но, у уметности се та средства користе превасходно као начин изражавања и приказивања идеја, емоција и ставова уметника који у томе има пуну уметничку слободу, док је картограф у обавези да иста средства користи у функцији намене карте и да не одступа од географске реалности; у томе нема ничег личног, осим избора начина на који ће саопштити детерминисану поруку. Дакле, може се рећи да

картографија има уметничку страну, али да сама карта није производ уметности.

На естетику штампане карте, као и на њену употребну вредност уопште, утичу и квалитет папира и квалитет штампања, о чему такође треба водити рачуна.

Геометријска тачност приказаног садржаја не сме бити нарушена приликом обликовања карте. Код карата ситнијих размера је дозвољено извесно нарушавање положаја, али само у функцији остварења боље сликовитости и пластичности, односно бољег приказа карактеристика картираног објекта или појаве. Код најкрупнијих размера геометријска тачност опредељујуће утиче на обликовање карата, њој се све подређује.

6.1 Визуелне варијабле

Визуелна перцепција је процес којим људски мозак обрађује информације које добија чулом вида, тумачи их и организује у смислену целину. То је спонтан процес, иако на њега не утиче само светлост која долази у наше око, већ и искуство појединца, култура којој припада и други фактори.

Разумевање начина на који људи перцепирају информације на картама и како их претварају у значајне и смислене облике, од изузетне је важности за картографе (као и за графички дизајн уопште). Примена визуелних елемената (боја, облици, величине, итд.) на начин који је прилагођен процесу којим човек види и обрађује виђено, даће прегледне, разумљиве, лако читљиве и естетичне карте које ће ефикасно и правилно пренети жељену поруку.

Концепт **визуелних варијабли** је проистекао управо из настојања да се при обликовању карте уважи начин на који човек, ослоњен на свој вид, перцепира садржај на карти. Визуелне варијабле описују перцептивне разлике у картографским знацима на карти које се користе за

представљање географских феномена. Њиховом контролом картограф утиче на преношење географских информација, ствара визуелну хијерархију и обликује читљиву, прегледну и естетичну карту.

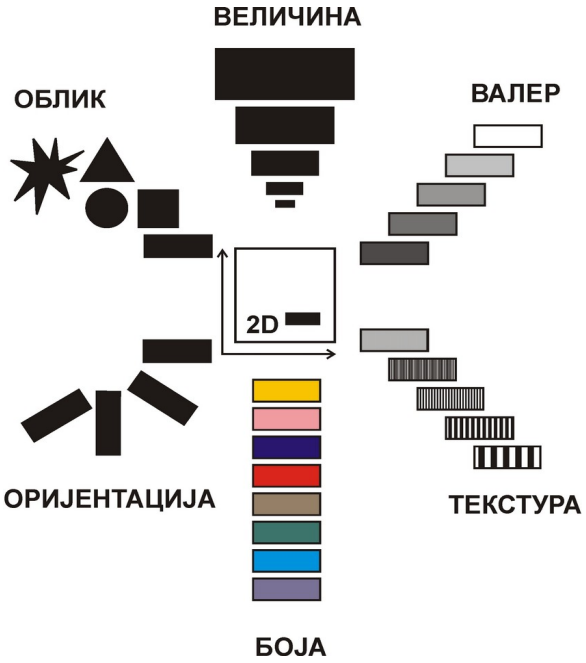
Овај концепт је увео и разрадио француски картограф Ж. Бертан[39] у свом знаменитом делу из 1967. године *Semiologie Graphique*. Он је уочио осам визуелних варијабли које је поделио на шест перцептивних и две локацијске. Две локацијске варијације су резултат Бертанових интересовања која су ишла и ван подручја картографије, а односе се тежишно на осе правоуглог координатног система дијаграма и графикона, као и на (неке) картографске пројекције. Бартан је ове варијабле одвојио од перцептивних како би нагласио разлику између просторних односа између графичких симбола на карти и перцептивних својстава самих симбола. У његовој концептуализацији, локацијске варијабле позиционирају симбол у неку тачку у равни карте, а перцепцијске варијабле су те које симбол издвајају у тој графичкој равни од позадине и других симбола.

> Пошто се локацијске варијабле не односе на симбологију и сигнатуре, картографи их обично игноришу.

Шест перцептивних варијабли су: **облик, величина, валер, текстура, боја и оријентација** (франц.: *forme, taille, valeur, grain, couleur, orientation*). Све могуће разлике у изгледу тачкастих, линијских и површинских сигнатура – а њих је бесконачно много – остварују се варијацијама ових шест варијабли. Неки аутори наводе *положај* као седму варијаблу (две Бертанове локацијске варијабле обједињене у једну), иако се она не може на карти варирати, барем не са слободом коју имају остале варијабле.

> Бертанов систем су накнадно модификовали други картографи, додавајући нове визуелне варијабле (фокус, распоред, сатурација, резолуција, транспарентност и сл.).

[39] *Jacques Bertin*, 1918–2010.



Слика 6-3: Визуелне варијабле
(Bertin, 1983.)

Облик је једноставан дизајн који се користи да симболизује неки објекат, појаву или својство на одређеној локацији. Различити облици углавном приказују различите објекте/појаве/својства. Неки облици су једноставни по дизајну и стога апстрактнији, док су други облици сложенији и зато сликовитији, па је читаоцу лакше да разуме његово значење. Генерално, облици се лако међусобно разликују. Користе се за изражавање квалитативних односа.

Величину сигнатуре чине њене димензије.Тачкасте сигнатуре мењају величину пропорционално, у обе димензије; код линијских сигнатура најчешће се варира дебљина линија, а код површинских сигнатура приказаних у размери карте се величина не мења (осим када је површина означена растером; тада се може варирати величина елемената који чине узорак, али не и сама површина). Разлике у величини се релативно лако препознају, па варирање величине као визуелне варијабле мења перцепцију других визуелних варијабли. Величином сигнатуре се може указати на неко квантитативно

својство (количина нечега), а користи се и за привлачење пажње читаоца.

> Постоје и ограничења варирања величине услед географске реалности. На пример, не може се направити карта света са границама држава, а да се Русија, величином своје територије, не истиче.

Валер је атрибут боје (*hue*) или небоје који се односи на количину светлоће или тамноће. Што је више светлости у некој боји, то је она светлија (ближа белој), што је мање светлости, то је она тамнија, загаситија (ближа црној). Валер ефективно преноси осећај „више“ и „мање“ и снажно доприноси визуелној хијерархији; највише се истичу елементи који су у највећем контрасту са валером позадине (нпр. црна на белом листу папира, бела на црном екрану рачунара). Користи се тежишно за површинске сигнатуре, а за друге само ако величина сигнатуре то дозвољава, јер мање величине отежавају поређење валера.

Текстура је у примарном значењу оно што се у домаћој картографији назива *растер*: агрегатна површинска сигнатура, састављена од великог броја истих или сличних графичких примитива. Међутим, Бертан за назив ове варијабле није користио француску реч *texture* већ *grain* (зрно); *текстура* се јавља у енглеском преводу Бертанове књиге 1983. године, одакле се раширила по целом свету. Бертаново значење ове варијабле је ширег значења од онога које има превод и укључује растојање између сигнатура које даје визуелни утисак веће или мање густине и када се не ради о агрегатној сигнатури (на пример, када се на територији картирања распоређују тачке једнаке величине чији је број пропорционалан интензитету појаве /метода тачака/). То значење би било боље обухваћено појмом *гранулација* уместо *текстура*.

Боја је чулни доживљај (перцепција) који настаје када светлост одређене таласне дужине побуди рецепторе у мрежњачи људског ока који податке о светлосном надражају шаљу у одговарајући део мозга на "читање" и тумачење. Дефинише се и као хроматски квалитет, односно квалитет по

којем се једна боја разликује од друге (*hue*). У свету физике, то је доминантна таласна дужина коју конкретна боја има у видљивом спектру светлости, захваљујући чему и перцепирамо разлике међу бојама. Боја је одлична за означавање не само појединачних објеката и појава по њиховим квалитативним карактеристикама, већ и за перцепцијско издвајање објеката и појава које имају нека заједничка својства у групу. Ипак, треба приметити да се перцепција неког симбола у конкретној боји може променити уколико се око њега налазе већи симболи са другим бојама, као и у зависности од боје позадине. Такође, у симболима малих димензија примењене боје се теже разликују.

Оријентација се односи на правац усмерености сигнатура. Иако се ређе користи у односу на остале варијабле, незамењива је у подражавању оријентације у реалном свету. Оријентација се примењује углавном на тачкасте симболе. Код површинских симбола односи се на оријентацију подсимбола од којих је састављена текстура. Не примењује се код линеарних симбола.

6.2 Својства визуелних варијабли

Визуелне варијабле имају четири основна својства:

- асоцијативност
- селективност
- поређаност (уређеност)
- квантитативност

Својства су поредана према тзв. *нивоима организације*: асоцијативно својство је на најнижем нивоу, квантитативно на највишем. Ниво организације варијабле дефинише тип информација које варијабла може да пренесе, а о њему се води рачуна када се варијабле комбинују.

Асоцијативност варијабле означава њено својство да се њене варијације перцепирају са једнаком тежином, тј. омогућавају оку да перцепира све симболе са истом варијацијом као групу. Дакле, варијацијама асоцијативних варијабли перцепција групе остаје непромењена. Супротно томе, дисасоцијативне варијабле „привлаче око“ јер се истичу у односу на групу ("штрче"), па стога доминирају перцепцијом. Асоцијативне варијабле су: облик, боја, оријентација и текстура, а дисасоцијативне: величина и валер.

Селективност варијабле је њена способност да фокусира око на сваку варијацију визуелне варијабле у визуелној сцени и игнорише друге варијације. На пример, ако на карти имамо кругове (тачке, квадрате) различитих боја (валера, растера), лако ћемо визуелно издвојити оне који имају исту боју (валер, растер), јер је боја селективна. Селективне су и све остале визуелне варијабле осим облика.

Поређаност (уређеност, поредбеност) варијабле значи да се њене варијације перцепирају као рангиране, поредане у неки линеарни поредак, па око спонтано тумачи једну варијацију као "веће", а другу као "мање". На пример, тонове неке боје поредане од најтамније до најсветлије људско око тумачи као поредак од „највећег“ до „најмањег“. Према Бартену, величина, валер и текстура имају то својство, а остале променљиве не.

Квантитативне варијабле су оне које проширују поређаност, омогућавајући процену нумеричких вредности на основу својих варијација. На пример, тамнији симболи се доживљавају као "веће", а светлији као "мање", али се не може знати колико веће или колико мање без легенде. С друге стране, могуће је проценити колико је "веће", а колико "мање" ако је један симбол нацртан два пута већи од другог. Дакле, квантитативна варијабла је *величина*. Но, треба имати у виду да квантитативна перцепција омогућава тачну апроксимацију, али не и прецизно мерење. Према Бартану, само је величина квантитативна варијабла, остале нису.

> Неки аутори сматрају да је и валер квантитативна варијабла, уз прихватање чињенице да је валер мање мерљива варијабла од величине.

У картографији се визуелне варијације и графичке примитиве (па и писмо) користе *за кодирање информација*, али истовремено и *као елементи графичког дизајна*.

Сигнатуре на карти које представљају одређени објекат или појаву из реалног света (његов положај и поједине карактеристике: врсту, намену, функцију, итд.) имају улогу *носиоца значења*; сигнатура је својеврсни *код* који читалац треба да дешифрује како би утврдио шта тачно представља. Дакле, основна карактеристика сигнатуре треба да буде *значење* које је повезује са објектом/појавом коју представља.

Табела 6-1: Својства визуелних варијабли

Својство	Облик	Величина	Валер	Текстура	Боја	Оријентација
Асоцијативност	✓	–	–	✓	✓	✓
Селективност	–	✓	✓	✓	✓	✓
Поредан ост	–	✓	✓	–	–	–
Квантитативност	–	✓	–	–	–	–

Идеална сигнатура је она која захтева минималан напор да се декодира и перцептивно усклади са информацијама које представља. Срећом, читаоци имају тенденцију да реагују на систем визуелних варијабли на предвидљив начин, омогућавајући картографима да обликују знакове тако да буду сигурни да ће они бити правилно схваћени и интерпретирани.

> У томе им помаже и објашњење у легенди, мада је идеал коме се тежи да се знак разуме и без легенде. Но, то се не може увек постићи.

Истовремено, када се визуелне варијације и графичке примитиве користе као елементи графичког дизајна, оне

служе *за привлачење пажње* читаоца или успостављање *визуелне хијерархије и естетике*, што треба да је, опет, у функцији бољег разумевања карте, тј. није циљ за себе.

6.3 Процес израде карте

Процес израде карте се састоји из низа картографских радова, међусобно ланчано повезаних, различитих по проблематици коју решавају и по начинима реализације. Процес израде сваке карте је специфичан, али се ипак може, у општим цртама, казати да се он састоји од четири основне групе радова:

- редакцијски радови,
- састављачки радови,
- издавачки радови и
- репродукцијски радови.

Израда сваке карте почиње формулисањем захтева наручиоца (инвеститора) који обично дефинише: радни наслов карте, циљ и намену карте, територију картирања, понекад и размеру карте, као и посебне захтеве у вези са тиражем, садржајем, тачношћу, ваноквирним садржајем, коришћењем, ценом и сл. Не иде се у детаље; захтеви су обично уопштени, јер инвеститор оправдано очекује да детаљније предлоге и сугестије добије од носиоца израде карте.

Ако је за израду ангажована радна организација, она формира редакцијско тело или именује редактора, у зависности од процењеног обима радова. Тиме почињу **редакцијски радови**.

Први задатак редакције карте је да проучи захтеве инвеститора и да их детаљно разради, утврди реалне временске рокове, расположиве картографске изворе и начин њиховог прикупљања, као и да сагледа начин репродукције

карата. Детаљном разрадом намене се дефинише тематика садржаја, профил корисника карте и начин употребе карте (зидна, кабинетска, теренска, за албум или атлас, итд.).

Следећи корак је **израда идејног пројекта**. Намена, размера и територија картирања су већ готова идеја за израду карте, а детаљнија разрада треба да омогући наручиоцу увид у предложено решење (или више варијанти решења).

Израда идејног пројекта обухвата:

1. Решење математичких елемената карте:

- избор пројекције и њено прилагођавање потребама карте,
- формат листа (поделу на листове, номенклатуру),
- примена координатних мрежа, начин рачунања координата,
- начин конструисања карте, односно листа карте,
- елипсоид, почетни меридијан, средњи ниво мора, итд.

2. Решење географског садржаја карте:

- избор географских елемената,
- класификација географских елеменната,
- картографски извори,
- начин и степен одабирања и уопштавања у односу на картографски извор или друге норме у вези с тим, итд.

3. Решење спољашњег изгледа карте:

- графичко оптерећење карте,
- обликовање условних знакова,
- избор слова и бројки,
- избор броја боја, избор валера и растера,

- решење ваноквирног садржаја, итд.

4. Калкулације израде и репродукције карте:

- прорачун потребног времена, средстава и кадрова,
- прорачун утрошка материјала и
- укупна цена и рокови израде.

Многа решења зависе од географских карактеристика територије картирања: избора пројекције, избора начина представљања рељефа, класификација појединих географских елемената, дефинисање критеријума картографске генерализације[40] (уопштавања), итд. Стога су претходно проучавање територије картирања и сагледавање њеног утицаја на питања од значаја за израду карте предуслови успешног извршења задатка.

Уз идејни пројекат се обично израђује пробни лист или исечак карте (по један за сваку варијанту), као илустрација предложених решења.

Када инвеститор прихвати идејни пројекат, прелази се на израду дефинитивног (главног) пројекта. Овај пројекат обухвата сва решења која треба донети пре почетка израде карте. Његова структура је иста као идејног пројекта, али он садржи дефинитивна решења.

Сложеније карте на чијој изради учествује већи број стручњака могу захтевати и израду *упутства за израду карте*. За успешан рад на таквим картама нису довољна свакодневна усмена упутства и директиве. Упутство за израду карте или редакцијско упутство омогућава да сви радови на карти буду повезани јединственом идејом, одређеним методама и системом рада и у том смислу представља својеврсни стандард за израду дате карте.

[40] Картографска генерализација се обрађује у посебном поглављу овог уџбеника. Примењује се када се за израду карте користе извори у крупнијој размери од размере карте која се израђује, па део садржаја треба одбацити и преобликовати, тј. уопштити како би стао на мању површину од оне на којој је изворно приказан.

Након редакцијских радова, који су по својој суштини припремни радови, у класичном поступку израде карте приступа се *састављачким радовима***,** чији је циљ израда **састављачког оригинала**. Састављачки радови представљају операционализацију редакцијских радова: рачунање пројекције, одабир, припрема и преношење садржаја са картографских извора, обрада оквира и ваноквирног садржаја, израда олеате и списка географских назива, итд.

> На састављачки оригинал се најпре конструишу оквир и мреже, потом се наносе тачке геодетске основе, затим хидрографија, насељена места, саобраћајнице, рељеф, итд. Називи се уносе одмах након приказа објеката на које се односе.

Састављачки оригинал се потом прерађује прерађује у тзв. **издавачки оригинал**: знакови се обликују према кључу, постављају називи са дефинисаним резовима, итд. Издавачки оригинал је *финална верзија карте* који се или дигитално дистрибуира или шаље у штампарију где ће се на основу њега копирањем израдити потребан број репродукцијских оригинала са којима се иде у штампу.

> Данас се карте израђују дигитално, а тај поступак дозвољава обједињавање састављачких и издавачких радова. Обједињавање ових радова је за неке карте вршено и у предигитално доба, израдом *састављачко-издавачког оригинала.*

Иако су и састављачки и издавачки оригинали подложни детаљним контролама и коректурама, пре саме тиражне штампе се израђује *пробни отисак карте* који се детаљно контролише, овога пута у облику у којем ће се користити, како би се уочили и отклонили евентуални недостаци који нису могли бити уочени раније.

После те контроле следи последња фаза процеса израде карте: репродукцијски радови, тј. **умножавање карте**. Они се састоје од припреме за штампу, штампања и контроле тиража и дораде (опсецање вишка папира, пластифицирање, лепљење, стављање лајсни и сл.).

7. КАРТОГРАФСКА ГЕНЕРАЛИЗАЦИЈА

Картографска генерализација је процес смањивања сложености садржаја карте са циљем њене боље прегледности и читљивости, прилагођен размери и намени карте.

Примењује се када се за израду неке карте користе картографски извори чији је садржај приказан у крупнијој размери, дакле са више података и детаља. Пошто на карту ситније размере не може стати сав садржај са карте крупније размере, мора се одлучити шта ће се изоставити, а шта преузети и како графички преобликовати и приказати на новој карти, сходно њеној намени и потреби да буде прегледна, читљива, функционална и естетична.

> Геодетски стручњаци који врше детаљни премер такође врше генерализацију, дискретизацијом подручја премера са бесконачнох броја тачака на коначан број тачака којима се одређују координате и висине, ради израде одговарајућег аналогног или дигиталног модела подручја премера. Но, то није картографска, већ *објектна генерализација*. Слично, у геодезији се сусрећемо и са *оптичком генерализацијом*, присутној на сателитским снимцима, снимцима из ваздуха, облаку тачака и сл., када све оно што је мање од просторне резолуције неће бити видљиво на снимку.

Фактори који опредељујуће утичу на картографску генерализацију су:

- намена,

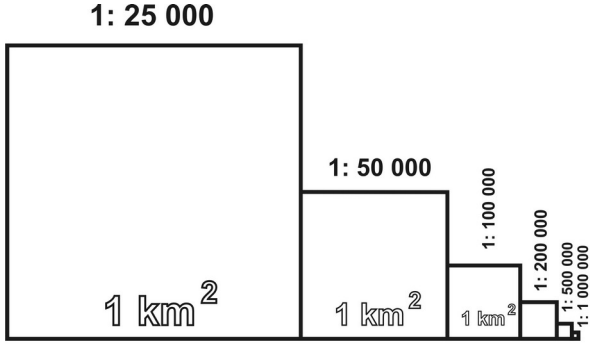
- размера,
- читљивост и прегледност и
- географске карактеристике територије картирања.

Намена карте има опредељујући значај на генерализацију, јер од ње зависи који се део садржаја са картографског извора може изоставити, а који се мора задржати и како приказати. Садржај две карте исте територије и исте размере може се битно разликовати ако су намене карата различите, чак иако се за израду обе користе исти картографски извори.

> На пример, садржај школске карте намењене ученицима основних школа биће више генерализован у односу на садржај школске карте исте територије и у истој размери намењене ученицима средњих школа; основци треба да стекну само основна географска знања, а средњошколци детаљнија, па је томе прилагођена и генерализација.

Код тематских карата, намена карте постаје одлучујући фактор степена генерализације појединих елемената карте. Ако се упореде геолошке, метеоролошке, поморске или неке друге тематске карте исте територије и размере, видеће се велика разлика у степену генерализације општегеографског садржаја.

Размера карте утиче на картографску генерализацију на очигледан начин: преласком на ситнију размеру смањује и површина расположива за приказ садржаја.



Размера	cm x cm
1: 25 000	4 x 4
1: 50 000	2 x 2
1: 100 000	1 x 1
1: 200 000	0,5 x 0,5
1: 500 000	0,2 x 0,2
1: 1 000 000	0,1 x 0,1

Слика 7-1: Илустрација промене површине са променом размере

На тој смањеној површини картограф треба да прикаже уопштени садржај тако да он задовољи намену карте и све захтеве читљивог, прегледног функционалног и естетског обликовања.

> Размера не утиче на генерализацију само смањењем површине. На картама ситнијих размера обухвата се већа територија картирања, па разлика у просторном обухвату може утицати на различито вредновање појединих објеката и појава: оно што је важно на карти крупне размере може бити мање важно или неважно на карти ситније размере (нпр. ограде). Уз то, на картама ситнијих размера се јављају и називи предела и географских целина којих на крупнијим картама нема, јер је њихово простирање веће од територије обухваћене једним листом крупноразмерне карте.

Читљивост и **прегледност** (посебно графичко оптерећење) које треба да има генерализована карта такође представљају факторе који утичу на генерализацију. Величина сигнатура не сме бити мања од прага читљивости, али треба водити рачуна и о горњој граници величине; веће сигнатуре захтевају већи простор на карти. Карта не сме бити претрпана садржајем. Боље је имати прегледну и читљиву карту са мање података, него нечитку и непрегледну карту са мноштвом података; ако су сви ти подаци важни с обзиром на намену карте и морају се приказати, онда се мора усвојити крупнија размера карте.

Приликом генерализације морају остати сачуване физичко-географске и социјално-економске **карактеристике територије картирања**. Штавише, главна сврха генерализације општегеографских карата је управо што вернији приказ карактеристика територије картирања.

На пример, у густо насељеним подручјима, са великим бројем насељених места, многа мања места ће бити изостављена на генерализованој карти. Међутим, у слабо насељеним подручјима, многа места (можда и сва) ће бити задржана. У пределима богатим водом приказаће се на карти мањи проценат извора него у пределима оскудним водом, где хидрографски објекти имају много већи значај, итд.

Дакле, степен генерализације појединих подручја на територији картирања нема за циљ равнотежу оптерећености

између подручја. Подручје која је насељеније, комуникативније, богатије хидрографијом или вегетацијом, и слично, мора такво остати и на изведеној карти, али не и пропорционално у односу на подручја која имају дефицит тих појава.

Стога генерализацији садржаја увек претходи проучавање територије картирања, сваког географског елемента посебно и свих заједно, ради уочавања карактеристика које се морају сачувати и на изведеној карти.

Картографска генерализација се, по правилу, врши на основу унапред разрађених критеријума. Критеријуми се разрађују за сваку карту посебно. Формулишу се током пројектовања карте, на основу тестова пре почетка израде карте и не мењају се током израде. Чак и када генерализацију врши један картограф, ти би критријуми морали да буду формулисани унаред, а поготово ако генерализацију врши више картографа, када треба обезбедити уједначеност критеријума више лица.

Намена карте је полазна тачка свих поступака израде карте. Она је на почетку често дефинисана само оквирно (нпр. планинарска карта, атласна карта и сл.), али касније мора бити што јасније и прецизније дефинисана. Из утврђене намене проистичу размера и садржај карте, мада не увек линеарно јер се ради о међусобно испреплетеним категоријама на које понекад утичу и неки специфицирани захтеви наручиоца (максималне димензије листа карте, тачно одређена размера, и сл.).

Садржај карте се дефинише по географским елементима који треба да буду приказани, након чега следи испитивање прага читљивости карте и њему прилагођених решења сигнатура. Потом следи дефинисање критеријума генерализације. Критеријуми не смеју бити исти за подручја са различитим карактеристикама. То значи да цензуси и критеријуми који се прописују не смеју бити ригидни, нити се требају примењивати механички, без сагледавања евентуалних последица по географску веродостојност приказа и исказивања специфичних карактеристика појединих подручја на карти.

На крају се испитују графичко оптерећење карте и анализира њена читљивост и прегледност. Резултати испитивања се упоређују са захтевима намене и функционалности, а уочени недостаци се отклањају све док се не дође до задовољавајућег решења.

Током примене усвојених критеријума по географским елементима, посебну пажњу треба посветити усклађивању

генерализације различитих елемената, како би њихов релативни однос остао сачуван. На пример, пут се не сме уопштити тако да се премести са десне на леву страну реке или са дна долине на њену падину.

Тада се потребни подаци одговарајућим поступцима преузимају и графички преобликују у нову карту, на начин који треба да задовољи намену нове карте.

7.1 Поступци картографске генерализације

Картографска генерализација обухвата много различитих поступака, а најважнији су:

- избор,
- поједностављивање,
- наглашавање,
- померање,
- сажимање карактеристика,
- промена методе приказа и
- обједињавање

Избор је најважнији поступак генерализације, јер се у њему одлучује који ће се подаци приказати (*селекција*), а који изоставити (*редукција, елиминација*).

У првом кораку, одлучује се који ће се географски елементи укључити, а који не. У другом кораку се врши избор података по елементима карте: хидрографији, рељефу, насељеним местима, саобраћајницама, итд.

По елементима карте треба најпре уочити које податке треба *изоставити у потпуности,* јер за њима нема потребе на новој карти. На пример, на картама ситнијих размера се не приказују ограде, живице, усамљено дрвеће и слично, на још ситнијим нема вегетације, итд. Затим се дефинишу подаци (елементи) које треба задржати на новој карти. По елементима карте се сагледава број објеката и њихова величина, у комбинацији са њиховом заступљеношћу у појединим областима картиране територије, како би се селекција извршила тако да се задрже карактеристике

територије картирања. При томе се могу применити и одређени цензуси, нпр. да се изоставе сви токови краћи од једног центиметра или да се не приказују језера мања од 4 mm^2 у размери карте. Но, треба обратити пажњу да ли је примена тих критеријума оправдана у свим подручјима територије картирања, како се не би нарушиле њихове особености; на пример, механичко избацивање свих језера са малим површинама у подручју где их има у већем броју, довешће до тога да ниједно не буде приказано, што нарушава карактеристика географске реалности на том подручју, па нека језера ипак треба приказати.

Као помоћ у одлучивању колико објеката исте врсте треба задржати могу се применити и неки математички модели, односно емпиријске формуле развијане у циљу смањивања субјективизма при избору. На пример, "златни корен" Ф. Тепфера[41]:

$n_F = n_A\sqrt{\frac{M_A}{M_F}}$, где су:

- n_F – број објеката у изведеној размери
- n_A – број објеката у изворној размери
- M_A – именилац размере извора
- M_F – именилац размере изведене карте

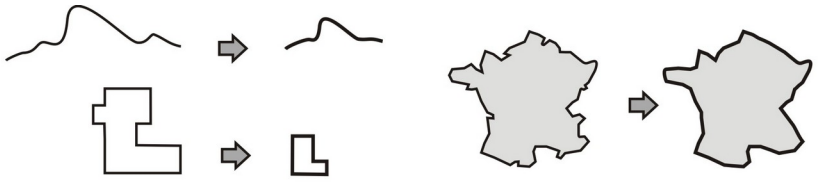
На крају, у трећем кораку у поступку избора, треба анализирати како се изабрани подаци по географским елементима односе једни према другима и да ли избор одражава карактеристике картиране територије. На пример, треба обратити пажњу да ли постоје називи без објеката на које се односе, да ли има путева који нигде не воде (јер је изостављено насељено место или објекат до којег пут води), итд.

Дакле, избор се врши применом три главна критеријума: према важности објеката за намену карте, према минималним величинама и према броју објеката.

[41] *Friedrich Töpfer*, 1925-2013, немачки геодета и картограф

Поједностављивање или упрошћавање је поступак картографске генерализације који се састоји у елиминацији непотребних детаља поједностављивањем или апстраховањем облика.

Крива линија или контура на изворној карти има низ детаља који после смањивања на размеру нове карте остају испод прага читљивости или незнатно изнад њега. Елиминисањем тих детаља постиже се једноставнији облик знака, прилагођен прагу читљивости нове карте.



Слика 7-2: Поједностављивање (упрошћавање)

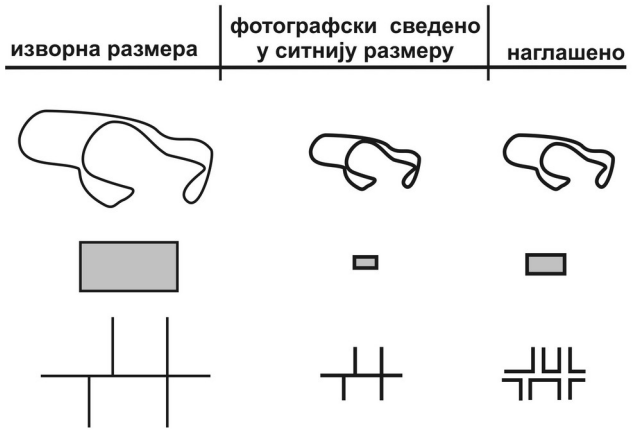
У циљу уједначавања критеријума елиминације, могу се одредити и минималне величине кривина и контура које ће бити приказане, у зависности од њихових димензија и дебљине линије којом је представљена.

Управо због потребе да се задрже карактеристике географске стварности представљене линијама, постоје битне разлике у начину генерализације обалних линија, изохипси, саобраћајница, водотокова, граница и других елемената приказаних линијама. Неопходно је проучавање територије картирања и уочавање карактеристика географског садржаја, које морају остати очуване.

Контуре површинских објеката могу да се састоје и од правилинијских сегмената. Оне се упрошћавају на сличан начин: ситније избочине у контури се одсецају правим линијама, а мање удубине игноришу и линија повлачи као да не постоје. Тако и поједностављена контура остаје састављена од праволинијских сегмената. И овде треба водити рачуна о карактеристикама контуре: када мале избочине и удубине следе једна другу, генерализована линија то мора да уважи.

Аналогно поступку избора, и за поступак поједностављивања постоје одређени математички модели односно емпиријске формуле.

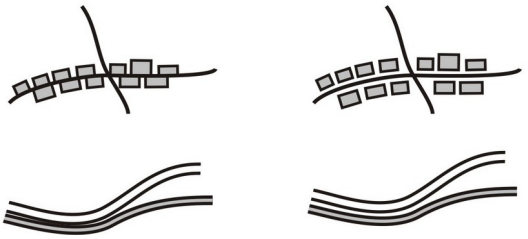
Понекад је потребно да се неки детаљ који је испод прага читљивости задржи, како би се задржао карактеристичан изглед линијског или површинског објекта. Пошто је испод прага читљивости, мора се увећати. Тај поступак генерализације се назива **наглашавање.** Типичан пример су серпентине, које и након генерализације требају да задрже основне одлике (велика кривудавост на кратким деоницама), без обзира на то што би, на пример, на основу прага читљивости требало елиминисати све кривине или задржати само једну. То је опште правило: уколико низ кривина следе једна другу, упрошћени цртеж мора да одражава ту карактеристику, без обзира што се оне не могу приказати у размери. Исто се односи и на карактеристично меандрирање река и протезање других (криво)линијских објеката, као и линије контура природних објеката.



Слика 7-3: Наглашавање

Наглашавање често захтева и **померање,** када се наглашена карактеристика преклапа са околним објектима и појавама. Померање је чест поступак приликом генерализације, јер се сви објекти који су на изворној карти на малом растојању на изведеној карти преклопе; неки се, наравно, редукују, али нису ретке ситуације када се морају задржати и они који се

међусобно преклапају. Тада се прибегава померању. Код померања важи правило: водени токови се не померају, померају се објекти око њих (укључујући и изохипсе, ако је њима приказан рељеф). Слично важи и за објекте око саобраћајница. Када, на пример, неком уском долином (или кањоном) којом тече река паралелно са њом простиру и железничка пруга и пут, река остаје на месту, а измешта се најпре пруга, па онда пут.

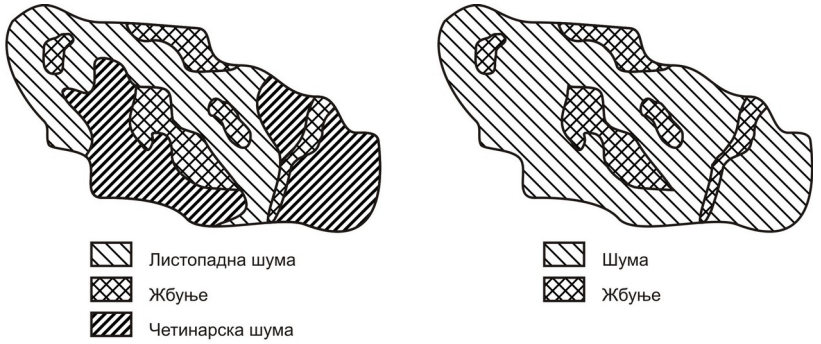


Слика 7-4: Померање

Сажимање квалитативних и квантитативних карактеристика је поступак картографске генерализације којим се смањује број категорија појединих географских елемената. На пример, путеви су на изворној карти сврстани у шест категорија, а на генерализованој се приказују са мањим бројем категорија, нпр. 5 или 4. Слично важи и за смањивање броја категорија насељених места по броју становника, мостова по носивости, путева према ширини коловоза, смањивање броја врста шума, броја сигнатура за мочваре у односу на њихову проходност, итд.

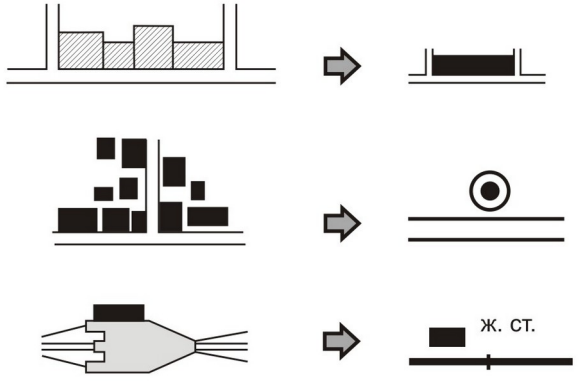
Понекад се број категорија географског елемента не мења (или не мења значајно), када је то у складу са наменом и размером генерализоване карте. Но, ипак се чешће приступа њиховом сажимању, јер је природно да карте ситније размере имају мањи број категорија и класа истоврсних објеката и појава у односу на одговарајуће карте крупнијих размера

Сажимање се најчешће врши обједињавањем две суседне категорије у једну, а за последицу има смањивање броја сигнатура који се користи на генерализованој карти.



Слика 7-5: Сажимање квалитативних и квантитативних карактеристика

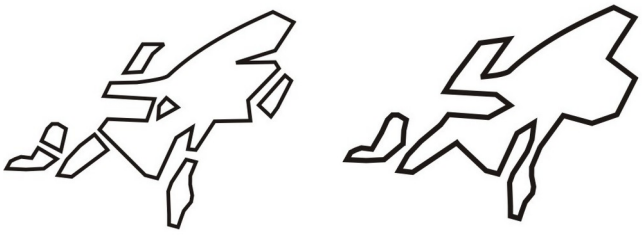
Промена методе приказа (или, како се наводи у старијој литератури, "претварање скупа појава у појмове вишег реда") се често примењује приликом генерализације. Смањивање размере доводи до тога да се многи објекти приказани на изворној карти у размери, на генерализованој карти морају приказати ванразмерном сигнатуром. На пример: када се група зграда приказује блоком или када се насељена места која су на изворној карти приказана контуром у размери или блоковима, на изведеној карти приказују условним, ванразмерним знаком (нпр. кружићем).



Слика 7-6: Промена методе приказа

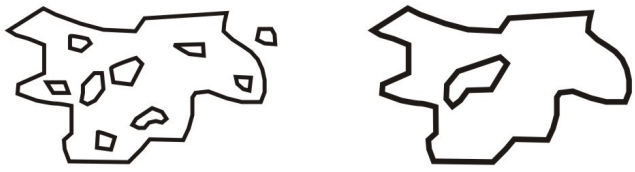
Обједињавање је графичко спајање суседних истоврсних објеката у један објекат, када је растојање између њих мање од прага читљивости. Обједињавају се блиске парцеле

вегетације, блиске зграде и слично, у циљу добијања прегледније слике.



Слика 7-7: Придруживање мањих делова већој целини (Imhof, 1965.)

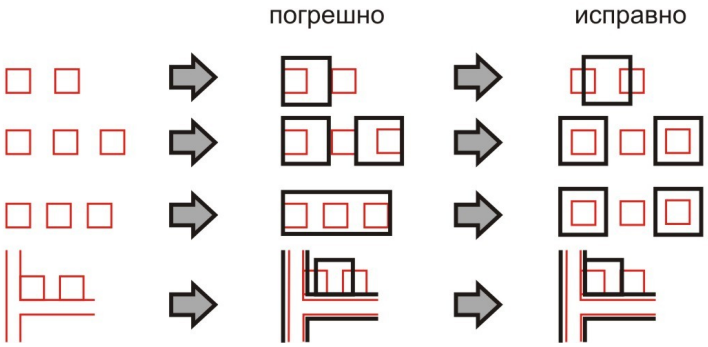
Обједињавањем се обично мали облици придружују већој целини (или један другоме). То готово увек доводи до повећања површине обједињеног објекта у односу на збир површина појединачних објеката. Стога, да би се сачували стварни односи и карактеристике, неке делове треба **изоставити.**



Слика 7-8: Обједињавање и изостављање (Imhof, 1965.)

У поступку обједињавања историјских појава треба настојати да остану очувани: изворни облик, однос величина, размаци између објеката и друге карактеристике. На пример, при обједињавању зграда облика квадрата, мора се задржати облик квадрата, мора се задржати положај у односу најближи оријентир (раскрсница, ушће потока и сл.), итд.

Није дозвољено обједињавати више малих језера у једно језеро, нити више малих острва у једно острво; дозвољено је да се нека (или сва) изоставе и да се нека испод прага читљивости задрже (увећана на праг читљивости), али не и њихово обједињавање у један ентитет.

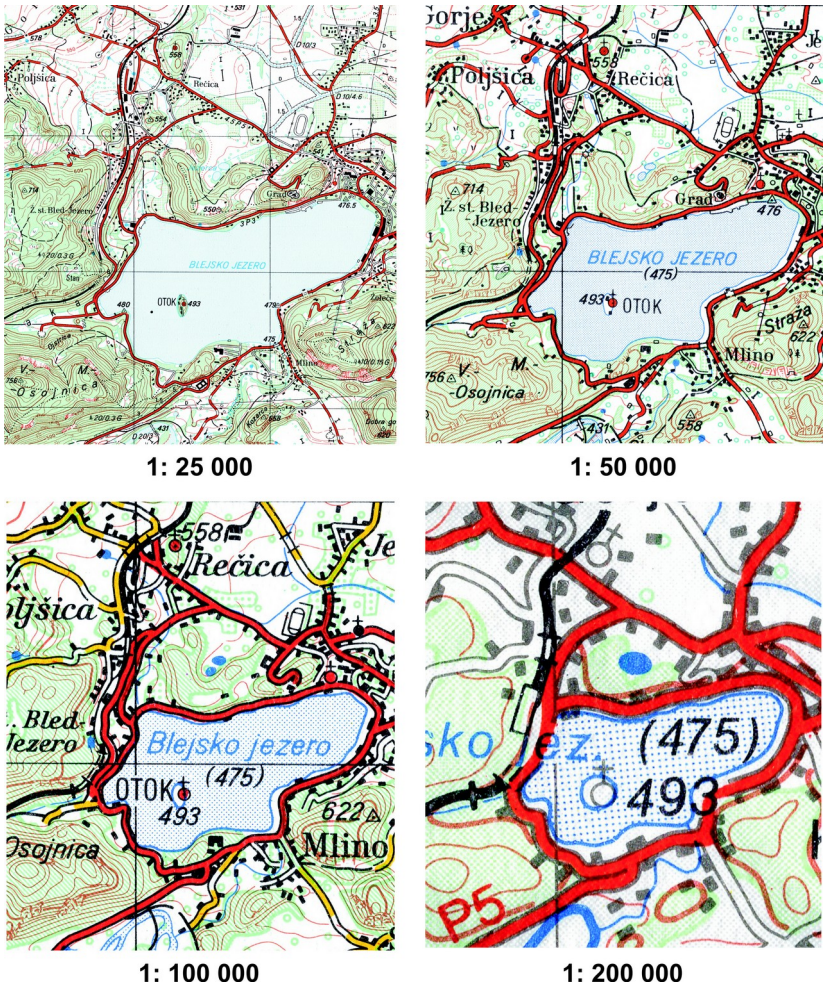


Слика 7-9: Обједињавање зграда
(http://www.geoinformation.net/lernmodule/lm10/download/vgl_le5.pdfSG)

Напомена. У картографској литератури постоје и другачији приступи и поделе поступака картографског генерализовања. Највећа разлика је у броју поступака; неки аутори набрајају и описују чак 12 поступака.

7.2 Генерализација географских елемената

Картографска генерализација се врши по географским елементима, јер се тако уважавају и боље контролишу специфичности и карактеристике сваког елемента. Истовремено, води се рачуна и о потреби њихове међусобне усклађености.



Слика 7-10: Пример генерализације садржаја ТК25 у ситније размере (генерализовани прикази увећани на димензије извора)

7.2.1 Генерализација хидрографије

Хидрографска мрежа представља оквир на који се ослањају остали географски елементи. Зато уопштавање географског садржаја обично и почиње са хидрографским елементима.

Када је реч о речној мрежи, приликом генерализације је важно да се:

- прегледно и правилно изрази њена густина,
- главни токови и главна изворишта прикажу наглашеније од осталих,
- тачно и верно прикаже меандрирање и кривудавост токова, и
- сачува природна веза хидрографије и рељефа, посебно карактер долина кроз које реке протичу .

Ако се приказују повремени водени токови, степен њихове редукције је већи. На пример, цензус редукције може бити за сталне токове 1 cm, а за повремене 3 cm у размери карте. Но, у ситуацијама када краћи токови помажу читање важних детаља рељефа (превоја, вододелница и водосливница, водотокова у красу и сл.) препоручује се одступање од цензуса, као и у свим ситуацијама када стриктна примена цензуса нарушава географску веродостојност приказа.

Када је реч о линијама обале језера и мора, приликом генерализације треба задржавати, па и наглашавати, оне детаље који су типични за одређену обалу (далматинска обала, фјордовска обала итд.), а остале детаље редуковати. Треба обратити пажњу и на приказивање важних ртова, мореуза, залива и других карактеристичних детаља.

7.2.2 Генерализација рељефа приказаног изохипсама

Циљ генерализације рељефа је да се добије прегледна и верна слика рељефа приказаног изохипсама и истакне његова основна структура.

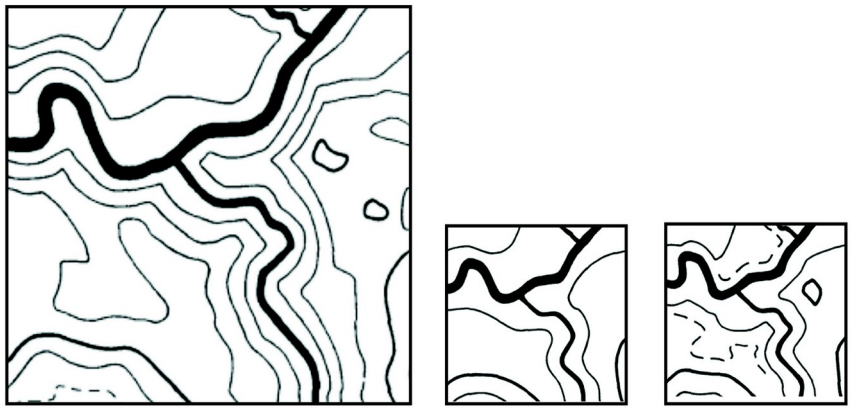
Први корак је одређивање нове, веће еквидистанције, у зависности од карактеристика рељефа и размере, уколико се и на изведеној карти рељеф приказује изохипсама. Што је размера ситнија, висинска и положајна тачност изохипси постаје мање важна, а расте значај верности и сликовитости представљеног рељефа. Географска верност се одражава

кроз правилно приказивање појединих типова рељефа и његових најкрупнијих форми (најважнијих врхова, превоја, главних вододелница и сл.), а сликовитост комбинацијама са другим методама приказа рељефа (сенке, скале) како би се повећала пластичност.

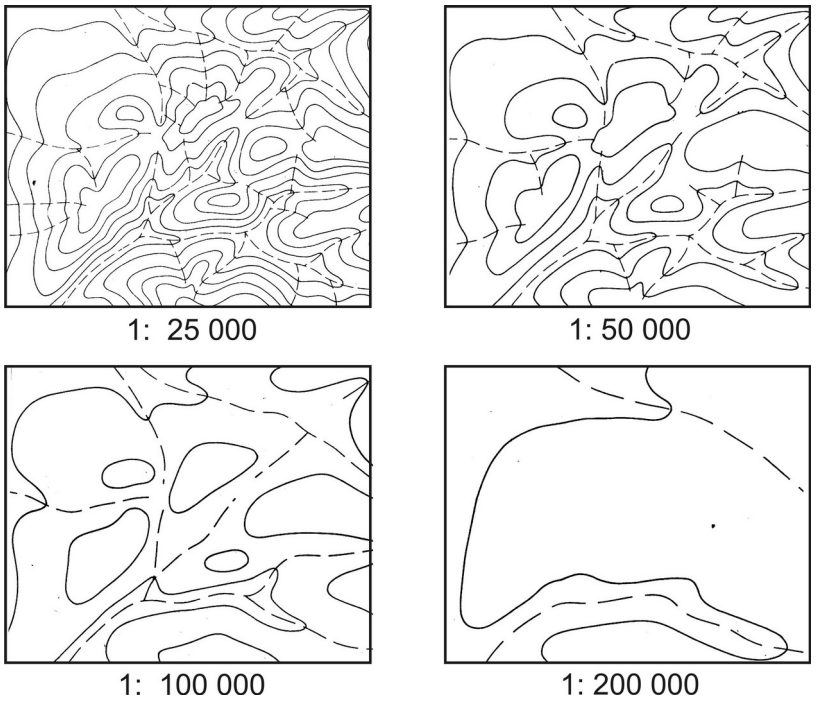
Веза између рељефа и осталих елемената карте, посебно хидрографије, мора остати верна и природна. Усаглашавање са саобраћајницама често доводи до већих померања изохипси, што се дозвољава у свим оправданим случајевима. Пут или неки други линијски објекат треба да пролази са исте стране узвишења као и на картографском извору, да иде одређеном страном долине итд., а изохипсе се померају и генерализују колико је непходно да се то постигне.

Основно правило гласи: генерализује се рељеф, а не изохипсе.

У оквиру проучавања карактеристика рељефа корисно је да се на изворној карти означе све вододелнице и водосливнице које треба приказати на изведеној карти, као и мањи облици (јаруге, стеновити одсеци, превоји, врхови и др.) које треба потенцирати.



Слика 7-11: Генерализација рељефа и хидрографије: правилно (у средини) и неправилно (десно)
(Peterca i dr, 1974.)



Слика 7-12: Генерализације рељефа приказаног изохипсама (генерализовани прикази увећани на димензије извора) (Peterca i dr, 1974.)

7.2.3 Генерализација насељених места

Приликом генерализације насељених места основна тежња је да се приказом сачува типична структура насеља: главне улице, изграђени и неизграђени делови, индустријски, стамбени и рекреативни делови и главни објекти, као и везе са осталим елементима карте (саобраћајницама, рељефом и хидрографијом).

То, наравно, зависи и од размере у коју се извор генерализује: закључно са размером 1: 100 000 могуће је сачувати све одлике насеља, јер је површина коју захвата насеље (контура насеља) и даље у размери карте, мада се у збијеним деловима

врши значајна редукција зграда (до 50%), а више блокова обједињавају у један.

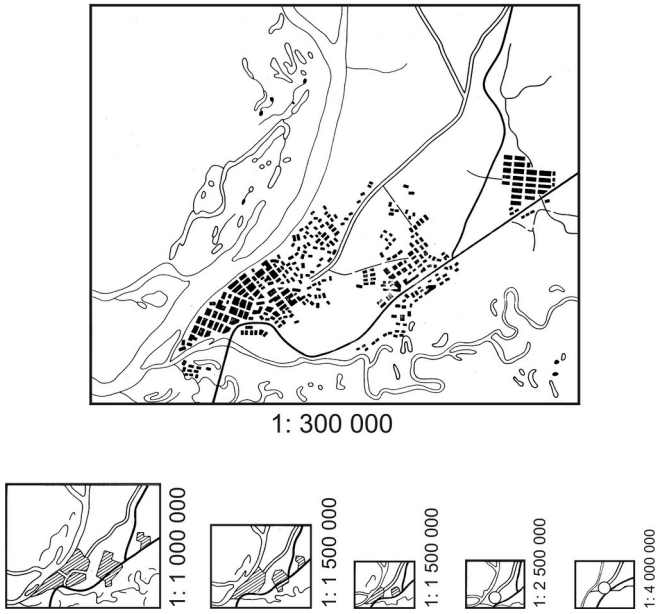
> Код приказа насеља блоковима обично се најизграђенији део приказује попуњеним блоковима, а део насеља који је мање урбанизован (али има фиксиран систем улица) блоковима са шрафама.

У размери 1: 200 000 не приказују се неки мањи засеоци, па и села, а структура једног броја насеља се чува и ванразмерним приказивањем површине насеља.

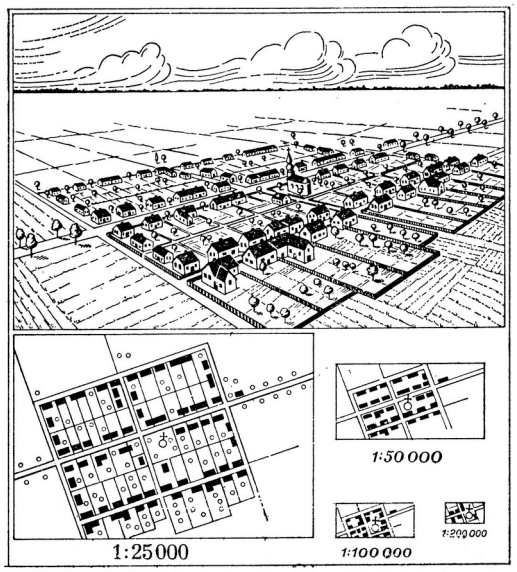
Са смањивањем размере долази до изостављања све већих насеља; од размере 1: 500 000 само се највећа насеља приказују површински, а већина сигнатурама, обично кружићима разних комбинација. У тим размерама се фокус генерализације помера са приказа структуре насеља на правилан приказ разлике у густини насељености појединих подручја.

> И насеља која се протежу на већој површини приказују се кружићима постављеним у центар насеља; ако кроз насеље пролази водени ток, кружић се ставља са стране на којој је претежни део насеља. Ако је насеље на обали мора или језера, кружић треба да додирује обалну линију, а не да буде одмакнут од ње, како би било јасно да се насеље протеже до саме обале.

Такође, од тих размера почиње и диференцијација насељених места различитим величинама слова којима се исписује назив насеља. Што је размера ситнија, то насељена места својом површином све мање оптерећују карту. Међутим, све већи удео у оптерећењу карте имају називи насељених места. Пошто географски називи највише графички оптерећују карту, на картама ситнијих размера се догађа да насеља која би се могла задржати на карти без утицаја на њено оптерећење морају да се изоставе због назива који их прати. Дакле, у ситнијим размерама избор величине слова за називе насеља диктира редукцију насељених места.



Слика 7-13: Генерализација насељеног места
(Peterca i dr, 1974.)



Слика 7-14: Очување типских карактеристика насеља током генерализације
(Čolović, 1979.)

7.2.4 Генерализација саобраћајница (комуникација)

> Под саобраћајницама се у картографији подразумевају објекти који служе за обављање саобраћаја; саобраћајнице могу бити копнене (железнице, путеве и стазе), водне (језерске, речне и морске), ваздухопловне и специјалне.

Када је реч о копненим саобраћајницама, приликом генерализације је најважније да се прегледно изрази густина саобраћајне мреже, да се верно прикажу карактеристике њиховог простирања, и да се очува њихова веза са осталим елементима карте (нпр. да објекти који су пре генерализације били на једној страни саобраћајнице, остану на истој страни након генерализације и сл.).

Први корак у генерализацији саобраћајнице је, као и код осталих елемената, избор оних које ће се приказати. Приликом одлучивања које ће се саобраћајнице одбацити, треба водити рачуна да се тиме не наруши правилан приказ разлике у карактеристикама путне мреже појединих подручја: редукција саобраћајница на подручјима са веома развијеном мрежом биће већа него у непроходним и слабо проходним подручјима.

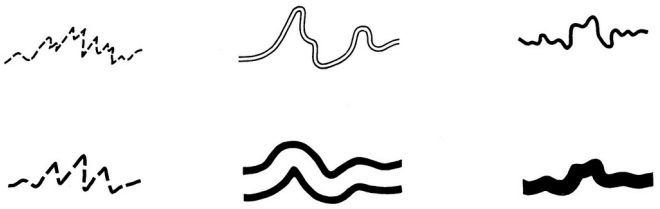
Након избора, обично се примењује сажимање, како би се смањио број категорија саобраћајница[42]. Но, то зависи и од намене карте која може захтевати да категорије остану исте или да се, чак, из неког другог извора, додају нове категорије.

Потом следи упрошћавање, поступак генерализације којим се редукује одређен број кривина да би се друге могле приказати карактеристичним обликом и да би се приказ саобраћајнице ускладио са приказом осталих елемената карте. На топографским картама треба обратити пажњу и на

[42] До смањивања броја категорија саобраћајница може доћи и поступком избора, на пример, када се одлучи да се на изведеној карти не приказују ускотрачне и трамвајске пруге, пешачке и колске стазе, итд.

објекте на саобраћајницама који такође подлежу генерализацији, заједно са саобраћајницом на којој се налазе: тунеле, галерије, мостове, серпентине, и сл. Тежи се да се задржи што више ових објеката, ако је њихово приказивање у складу са наменом карте, поготово ако су уједно и добри оријентири.

У низу узастопних објеката обавезно се дају први и последњи, као и довољан број осталих, како се се сачувао карактер њиховог груписања. Код прелаза преко водених токова није дозвољено да се на саобраћајницама преувеличавају или чак стварају кривине које не постоје.



Слика 7-15: Генерализација саобраћајница
(Peterca i dr, 1974.)

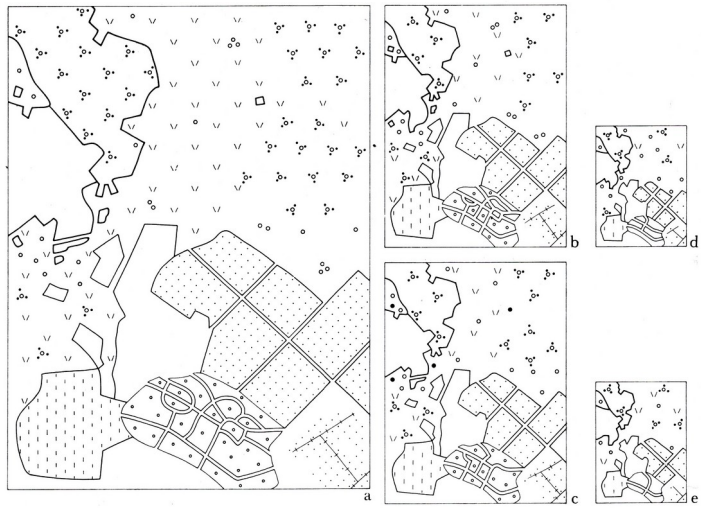
7.2.5 Генерализација вегетације

Вегетација се приказује на топографским и прегледнотопографским картама, на општегеографским картама је нема. Генерализацијом вегетације се мора очувати општа слика распореда вегетације на територији картирања, однос површина појединих категорија, однос површина покривених вегетацијом и без вегетације и, у одређеној мери, карактеристични облици контура који могу имати значај оријентира.

Генерализација вегетације се врши слободније него у претходним случајевима, јер њене контуре обично имају мању положајну тачност од котура других географских елемената. Слободније је и спајање више контура у једну, али се мора водити рачуна да се друге мање контуре морају изоставити,

како би се сачувао однос покривених и непокривених површина.

Са смањивањем размере брзо се изостављају поједини елементи вегетације: појединачно дрвеће, живице баште, жбуње, пашњаци, итд. Најдуже опстају шуме и велики засади појединих култура (воћњаци, виногради), а у градовима паркови, док год то размера дозвољава.



Слика 7-16: Генерализација вегетације: a) изворна карта, TK25; b) TK50, неправилно; c) TK 50, правилно; d) TK100, неправилно; e) TK100, правило
(Peterca i dr, 1974.)

7.2.6 Генерализација географских назива

Приликом генерализације географских назива треба настојати да се избегну крајности: превелик број назива графички оптерећује карту и смањују њену читљивост и прегледност, а премали осиромашује карту, јер географски називи знатно доприносе општем квалитету карте.

Осим тога, као и код других географских елемената, не треба тежити ни равномерном распореду назива, јер они најчешће нису тако распоређени на земљишту; на пример, на брежуљкастом и густо насељеном земљишту има више назива него на слабо насељеном високопланинском земљишту. Наћи праву меру попуњавања карте овим тако важним елементом је веома деликатан задатак картографа.

Приликом преласка у ситнију размеру појављују се називи већих предела и покрајина који не постоје на картографском извору, јер се протезање ових објеката није могло сагледати у размери картографског извора. Дакле, приликом генерализације назива требало би располагати и изворима ситнијих размера, како овакви називи не би промакли.

Сматра се да на картама закључно са размером 1: 5 000 могу бити приказани сви географски називи који постоје на терену, закључно са називима потеса и улица. Дакле, већ на карти 1: 25 000 имамо значајну редукцију назива.

8. ТЕМАТСКА КАРТОГРАФИЈА

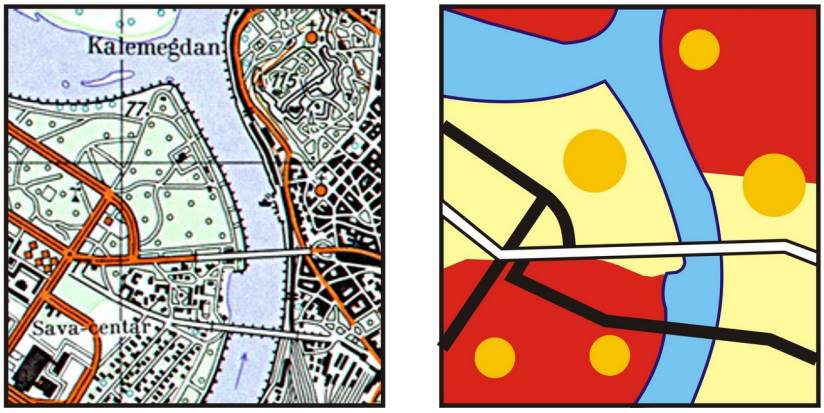
У уводним разматрањима овог уџбеника наведено је да се картографија, према садржају рада и начинима презентације, дели на:

- **општегеографску картографију**, која проучава начине израде, коришћења и одржавања општегеографских (физичко-географских и топографских) карата и другу проблематику у вези са општегеографским картама, и
- **тематску картографију**, која проучава начине израде, коришћења и одржавања тематских карата и другу проблематику која се односи на тематско картирање и тематске карте.

На општегеографским картама су приказани географски елементи – насеља, хидрографија, рељеф, вегетација, саобраћајнице, границе и сл. – са једнаком важношћу, без посебног истицања неког од њих. Због тога су општегеографске карте у истој размери међусобно сличне по садржају.

Тематске карте, с друге стране, могу бити међусобно веома **различите по садржају**, јер је он тежишно посвећен некој конкретној теми (темама) која припада широком спектру природних или друштвених феномена: од атмосферских и геофизичких појава, преко вегетационих и зоографских, до етничких, привредних и статистичких. Штавише, за разлику од општегеографских карта које приказују географску

реалност, тематске карте могу, осим ње, преносити неки **концепт или идеју** и повезивати простор и време (проток, трендови, планови, и сл.).



Слика 8-1: Исечак општегеографске карте (лево) и тематске карте (десно)

Практично, тема тематске карте може бити било који феномен који се може довести у везу са простором, и то у садашњости, прошлости или будућности.

> Важно је уочити да тематске карте омогућавају не само приказ појава, стања и процеса у простору, већ и сагледавање (истраживање) просторних и временских) интеракција и корелација између приказаног садржаја, и формулисање предикција. У том смислу, читањем тематских карата могу се уочити и неке законитости које се односе просторне релације који би, можда, остале непримећене или пуно теже уочене да се дата појава није приказала на карти.

Постојеће карте се, по правилу, не могу непоседно користити за приказ тематског садржаја, у смислу да се одабере нека постојећа општегеографска карта у погодној размери и на њу дода тематски садржај, јер би тиме она постала толико оптерећена да би била непрегледна и нечитљива.

Зато се тематска карта израђују у два корака.

У првом кораку се најпре са општегеографске карте преузимају само они географски елементи који су нужни за

размештај и коришћење тематског садржаја (оријентацију читаоца). Остали садржај се одбацује, а преузети се приказује на поједностављен и визуелно дискретан начин (тањим линијама, мањим знацима, без боја или блеђим бојама, итд.).

Тако настала карта се у тематској картографији назива **основна карта**. Основна карта треба да одговара размери и степену генералисања тематских података, треба да садржи само оне елементе који су од значаја за тему, мора бити ажурна и треба да допуни тему на што дискретнији начин.

> Као основна карта могу послужити и ортофото или снимци из ваздуха и сателитски снимци, чак и нека топографска карта са свим елементима, уз услов да се користе у бледим тоновима једне боје или сивој скали без тамних тонова. Дакле, без редукције и поједностављивања садржаја, али по цену слабије читљивости и прегледности како би се обезбедила визуелна доминација и прегледност тематског садржаја.

Потом се, у другом кораку, на основну карту распоређује тематски садржај (једна или више тема), који се визуелно потенцира тако да се јасно издваја од елемената основне карте, према једном од основних принципа у картографији који гласи: "што важније – то уочљивије".

Тако добијена карта постаје тематска карта. За њено обликовање важе исти принципи као и за обликовање општегеографских карата, али постоје и многе специфичности. Зато се тематске карте посебно изучавају.

> Тематске карте се у старијој литератури називају и специјалним картама, примењеним картама или проблемским картама, а тематска картографија примењеном картографијом.

8.1 Класификација тематских карата

Тематске карте се најчешће класификују **према карактеру садржаја** и **према тематици садржаја**, а могу и по размери

и територијалном захвату, као и неким другим критеријумима (слично класификацији општих географских карата).

По карактеру садржаја разликујемо:

- аналитичке,
- синтетичке и
- комплексне карте

Аналитичке (монофакторне) карте приказују стања неких појава, без претходних уопштавања или обраде, тј. без приказивања интеракција и веза између њих. На пример, карте температура ваздуха за одређени датум, карте ваздушних притисака и сл. Аналитичке карте баратају резултатима теренског прикупљања података (рекогносцирања, анкета, пописа, итд.), или резултатима опажања односно регистрација (загађеност ваздуха, температура у одређеном времену, итд.), па се називају и *картама опажања* или *картама регистрације.*

Синтетичке (синтезне, изведене) карте приказују **уопштена** стања неких појава, до којих се долази обрадом одговарајућих података који се често преузимају са више аналитичких карата. Дакле, приказују неко стање или појаву као целину, на основу низа саставних елемената који се не приказују сваки засебно, већ само њихово укупно дејство. На пример, карта средњих температура за одређени период, карта климатског зонирања, пољопривредне специјализације региона, итд.

> Појмови "аналитичка карта" и "синтетичка карта" су у одређеној мери релативни. На пример, карта дневних температура је аналитичка у односу на карту просечних годишњих температура, која је, по дефиницији, синтетичка. Али и карта просечних годишњих температура се такође може сматрати аналитичком ако је поредимо са картама притиска, падавина, испаравања, преовладавајућих ветрова и других карата које карактеризују само поједине елементе климе. Оно што у једној прилици делује као синтетичка слика, у следећој може постати елемент сложенијег система.

Овоме треба додати чињеницу да се степен синтезе може повећавати и са смањивањем размере карте.

Комплексне (сложене) карте одражавају свеукупност стања различитих, али тематски повезаних појава. Израђују се на основу аналитичких и синтетичких карата. На пример, метеоролошке карте где се заједно приказују елементи који одражавају временске услове: изобаре (линије које спајају тачке са истим атмосферским притиском), атмосферске линије фронта, температура ваздуха и тла, влажност ваздуха, смер и брзина ветра, количина и врста падавина облачност, итд. Или, на истој карти се могу приказати изобаре и вектори преовладавајућих ветрова, имајући у виду директну везу ветрова са пољем атмосферског притиска.

Предност комплексних карата је то што омогућавају читаоцу да неколико приказаних појава сагледа у њиховој укупности, да их визуелно упореди и уочи одређене обрасце. Међутим, постоје и потешкоће јер је некада веома тешко на прегледан начин приказати више појава истовремено, тако да се свака појединачно добро чита у комбинацији са другима. Развој дигиталне картографије и дигиталних тематских карата омогућио је да се свака тема прикаже у засебном слоју, па читалац може поједине слојеве искључивати и укључивати и тако проучавати комплексну појаву.

Према тематици садржаја, тематске карте се деле на:

- физичко-географске или карте природних појава,
- друштвено-економске или карте друштвених појава и
- техничке.

У групу **физичко-географских** карата спадају:

- карте атмосферских појава (метеоролошке и климатске),
- карте хидросфере (хидролошке и океанографске),
- карте геофизичких појава (гравиметријске, сеизмичке, геомагнетске, тектонске),

- геолошке (стратиграфске, литолошке, хидрогеолошке, рударске, геолошке),
- карте рељефа Земљине површи (хипсометријске, геоморфолошке, глациолошке, карте ерозије),
- педолошке
- вегетацијске,
- зоогеографске, итд.

У групу **друштвено-економских** карата спадају:

- карте насељености (распореда и густине насеља),
- етнографске (националног, старосног, професионалног и полног састава, раса, језика, наталитета, морталитета, миграција, итд.),
- привредне карте (привредних ресора, индустрије, пољопривреде, шумарства, транспорта, средстава везе, трговине и финансијских веза, економске и друге),
- политичко-административне,
- историјске,
- туристичке,
- саобраћајне, итд.

У групу **техничких карата** спадају:

- карте разних техничких пројеката,
- поморске,
- војне тематске (артиљеријске, тенковске, итд.),
- навигацијске (поморске, ваздухопловне),
- карте уређења територије, просторног планирања и урбанизма, итд.

8.2 Карактеристике тематских карата

Тематске карте одликује:

- разноврсност тема,
- разноврсност начина визуелизације и
- могућност повезивање простора и времена

Разноврсност тема је очигледна већ из саме поделе тематских карата према тематици садржаја. Осим објеката и појава који су на терену видљиви, на тематским картама се приказују и разне природне и друштвене појаве које на терену нису видљиве, затим статистичке мере (апсолутне и релативне густине, структуре, фреквенције, корелације, расподеле), просторна и временска динамика развоја неке појаве или стања (генеза, трендови, пројекције, кретање, трајање, учесталост, итд.) затим хипотезе, концепти, идеје, итд.

На њима се приказују не само појаве које се простиру на самој физичкој површи Земље, већ и појаве које се простиру изнад физичке површи Земље (нпр. ветрови, барометарски притисак, итд.) као и појаве испод те површи (нпр. епицентри земљотреса, карте кретања тектонских плоча и сл.).

Тематске карте се често користе као замена или подршка табеларним или текстуалним информацијама. Оне сажимају велику количину података; једна карта може заменити десетине или стотине страна табела и текста и то у облику који је не само једноставан за сагледавање и разумевање, већ и незамењив за сагледавање просторног односа између појединих елемената картиране теме и елемената географског садржаја (што је веома тешко да се искаже текстом или речима).

Разноврсност начина визуелизације је само једним делом последица разноврсности тема тематских карата. Другим

делом то је последица потребе да се тематски садржај визуелизује на оптималан начин, ради чега је тематска картографија развила низ метода и алата којима се те потребе могу задовољити. Те методе се стално унапређују, а повремено се формулише и нека нова, која се раније није примењивала. Пресељењем картографије у дигитално окружење створене су потпуно нове могућности визуелизације које омогућавају варирање метода приказа, интеракцију, приказе у различитим димензијама и са различитих страна, сагледавање и детаља и шире слике, интеракцију, анимацију, мултимедију...

Могућност повезивања простора и времена је важна одлика неких тематских карата. Тематским картама је могуће приказати правце и интензитете кретања (ваздушних и водених маса, животиња и људи, итд), развој неке појаве током прошлости (генезу), као и трендове развоја (предикције) у будућности.

8.3 Методе приказивања тематског садржаја

За приказивање тематског садржаја користе се посебне методе картографисања:

- метода рејонирања,
- метода ареала,
- метода картограма,
- метода картодијаграма,
- метода линија кретања (линија тока)
- метода знакова,
- метода изолинија и
- метода тачака.

Наравно, на једној тематској карти се могу користити и **комбинације наведених метода,** којима се могу додати и бројчано-словне ознаке и/или непосредна објашњења.

С обзиром на суштину приказане појаве, наведене методе се деле на:

- квалитативне,
- квантитативне и
- универзалне.

Квалитативно картирање је дескриптивна презентација појава и стања, тј. дају се информације о њиховом простирању (˝где је нешто˝).

Квантитативно картирање даје информације о квантитету појаве (˝колико је где˝). Квантитети могу бити изражени апсолутно (нпр. размештај становништва по окрузима) или релативно (нпр. густина становништва по окрузима).

У квалитативне методе спадају: метода рејонирања и метода ареала, у квантитативне спадају: методе изолинија, тачака и картограма, док су остале методе (метода картодијаграма, метода линија кретања и метода знакова) универзалне.

Наравно, међу овим групама није увек могуће успоставити строгу границу, јер поједине методе картографисања поседују и квалитативна и квантитативна својства, а у конкретној примени до изражаја може доћи само једно њихово својство.

8.3.1 Метода рејонирања

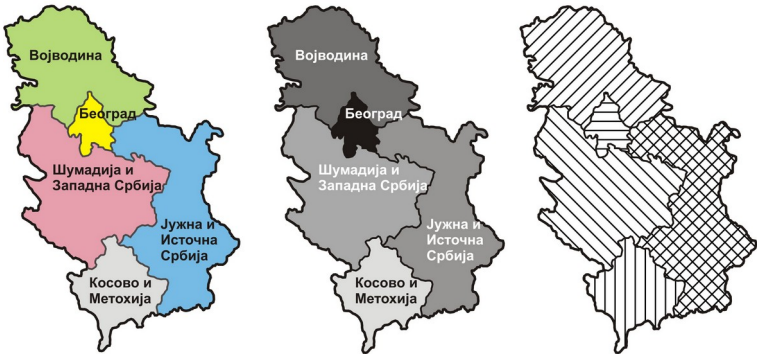
Рејон је подручје простирања неке појаве. Рејонирање је поступак издвајања рејона на основу једног или више повезаних показатеља.

Метода рејонирања примењује се за приказивање квалитативних (номиналних) карактеристика неке појаве, под условом да је она општа за целу територију картирања, тј. да је територија картирања у целости обухваћена рејонима, без преклапања рејона и без делова који не припадају ни једном рејону.

У првом кораку се појава расчлањује на врсте (типове, појавне облике) и утврђују се границе њиховог раздвајања. Рејони се потом обележавају, обично граничном линијом и бојом, али је уместо боја могуће применити и растере, бројчано-словне ознаке, непосредно објашњење, итд., као и њихову комбинацију.

> Основно изражајно средство методе рејонирања је боја, па се понегде, нарочито у старијој карторафској литератури, метода рејонирања назива и методом боја.

Пример тематских карата урађених методом рејонирања су политичке карте код којих се рејонирање врши по административној припадности делова територије. Ту спадају и педолошке геолошке, пољопривредне, климатске, комплексне економске и сличне карте, карте националног састава, језика, религија, итд.



Слика 8-2: Метода рејонирања, три начина приказивања

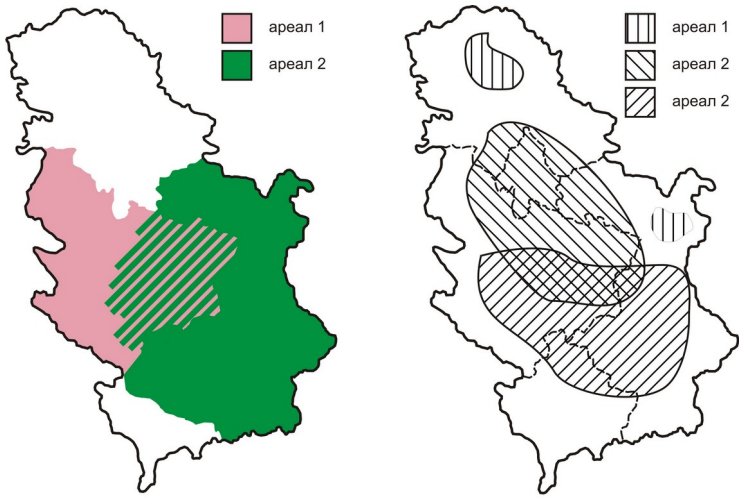
Метода рејонирања нема превод на енглески језик; карте настале овом методом се на енглеском језику називају ***корокроматске карте*** (*chorochromatic*, од грчких речи *кора* /χώρα/ у значењу регион и *крома* /χρώμα/ у значењу боја).

8.3.2 Метода ареала

Метода ареала примењује се за издвајање површина које се, слично методи рејонирања, по нечему квалитативно разликују од остале територије. Но, за разлику од методе рејонирања, ареали не морају у потпуности обухватити територију картирања и могу се међусобно преклапати. То су главне разлике ове методе у односу на методу квалитативног рејонирања, од које се по техничком извршењу готово не разликује.

Код методе ареала користе се иста изражајна средства као и код методе рејонирања.

Метода ареала омогућава и приказивање динамике појаве, приказујући њено распростирање по одређеним епохама.



Слика 8-3: Метода ареала;
ареали могу бити изоловани и могу се преклапати

8.3.3 Метода картограма

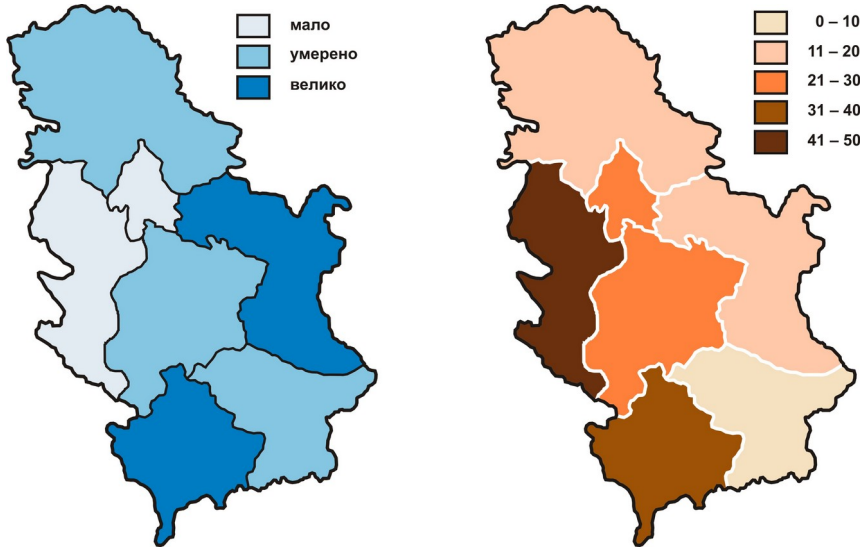
Картограм је карта на којој су статистички показатељи о некој појави или стању приказани по територијалним, најчешће административним јединицама. За приказивање се користе боје, тонови исте боје или одговарајуће градирани растери.

> Дакле, метода картограма уклапа податке у неке постојеће границе, за разлику од методе рејонирања која на основу података дефинише границе.

Користи се за приказ статистичких података који се односе *на територијалну јединицу као целину*, независно од њихове расподеле унутар саме територијалне јединице. При томе, подаци морају бити стандардизовани (нормализовани) како би приказивали однос, а не апсолутне вредности. На пример, број становника по квадратном километру, проценат обрадивих површина у односу на укупну површину, итд.

> Стандардизација омогућава поређење вредности података које немају исте димензије, како би се избегла доминација веће вредности. На пример, Канада има пуно више становника од Швајцарске, али у том поређењу доминира чињеница да Канада има и пуно већу територију од Швајцарске; међутим, ако се израчуна густина насељености (број становника по јединици површине), приметиће се да је Швајцарска пуно гушће насељена.

Суштина методе је да се могуће вредности неког показатеља поделе у неколико класа (разреда, интервала) и да се потом сваком интервалу придружи одговарајућа боја (чешће тон неке боје или растер), по принципу: "што је већа вредност – тим тамније (гушће)". Затим се територијалне јединице на карти попуњавају оном бојом (тоном, растером) која одговара вредности разматраног показатеља за ту територијалну јединицу.



Слика 8-4: Пример примене картограма

У енглеском језику се ова врста карата назива ***короплетна карта*** (*choropleth map*), према грчким речима *кора* (χώρα) у значењу локација, место и *плетос* (πλῆθος) у значењу величина, магнитуда.

Правилно приказивање података методом картограма и њихово разумевање приликом читања, тежишно зависи од од два фактора: начина на који су подаци сврстани у класе и правилног избора скале боја.

Приликом поделе података на класе, први изазов је одређивање њиховог броја: већи број ће карту учинити детаљнијом, мањи број општијом. Но, постоји општа препорука да број класа не би требао бити већи од 5-8, јер већи број класа захтева и већи број боја (тонова, растера), што умањује њихову визуелну разлику. Други изазов је одређивање граница класа: ако исте податке сврстамо у исти број класа, али на различите начине, добићемо различите интерпретације појаве, од који неке могу водити ка погрешним закључцима[43].

Картограми сугеришу да се појава која се картира распростире равномерно унутар територијалне јединице, а да на границама јединица долази до нагле промене вредности. У

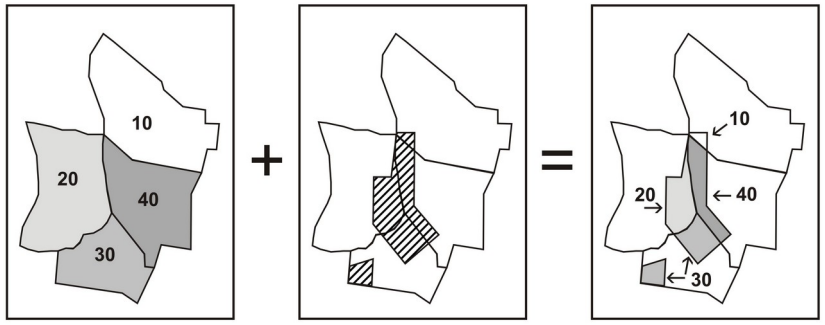
[43] Подела података на класе се детаљније обрађује на крају поглавља о тематској картографији. Скале боја су обрађене у поглављу о бојама.

реалности, то није тако и то је главни недостатак методе картограма.

Да би се добила реалнија представа просторне дистрибуције картиране теме, у картограме се могу увести додатни подаци од значаја за дистрибуцију података. Постоје две врсте таквих података: *искључујући* и *укључујући* (инклузивни). **Искључујући** подаци указују на подручја где се картирани феномен не може појавити; на пример, ако се приказује густина становништва, искључују се подручја где не може бити становника (језера, мора, велике реке, шуме, итд), а ако се приказују обрадиве пољопривредне површине искључује се земљиште које није намењено за пољопривреду. **Инклузивни** подаци су они који указују на подручја на којима се картирани феномен концентрише; на пример, урбана подручја су инклузивна за картирање густине насељености.

Увођење додатних података захтева прерачунавање података што доводи до прерасподеле дистрибуције која се потом приказује реалније.

Картограми са овим додатним подацима се називају **десиметријске карте**, (енгл. *dasymetric map*, од грчких речи *дасис* /δασύς/, у значењу густина и *метро* /μέτρο/, у значењу мера), које поједини аутори сврставају у посебну врсту карата. Доиста, дасиметријске карте не морају за основу имати картограме (короплетне карте), већ то могу бити и карте настале применом неких других метода (нпр. метода тачака).



Број станова по пописним јединицама | Стамбена подручја | Реалнији приказ дистрибуције

Слика 8-5: Картограм који приказује број станова по територијалним јединицама (лево) трансформисан у десиметријску карту (десно) искључивањем зона (површина) које нису намењене за становање
(http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Dasymetric_map)

8.3.4 Метода картодијаграма

Картодијаграм је тематска карта која приказује варијабилност одабраних атрибута објеката и појава помоћу *дијаграма*.

Дијаграми су графички прикази зависности нумеричких вредности у посебном координатном систему. Могу се односити на тачку (нпр. величина градова), линију (нпр. интензитет саобраћаја на путевима) или област (нпр. становништво у окрузима).

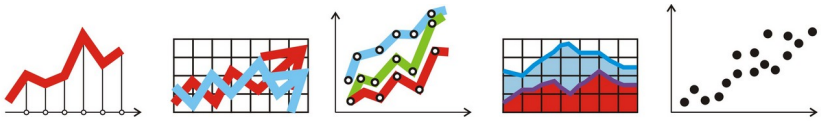
Дијаграми могу имати веома различите облике. Тешко их је свеобухватно класификирати тако да буду обухваћени сви облици, осим код најопштијих подела. Поједини аутори наводе и преко 20 типова дијаграма, али ни они не обухватају све који се могу наћи на картама. Уз то, присутна је и терминолошка неједначеност, чак и код аутора из исте државе.

У наставку су описани дијаграми који се најчешће користе у тематској картографији.

Линијски дијаграми податке представљају линијом у правоуглом координатном систему. Хоризонтална оса правоуглог координатног система представља време (или неку другу независну променљиву), а вертикална вредност неког атрибута (зависну променљиву), тако да се овим дијаграмом могу идентификовати трендови и корелације. Линијски дијаграми могу да прикажу и више атрибута, линијама различитих облика и/или боја.

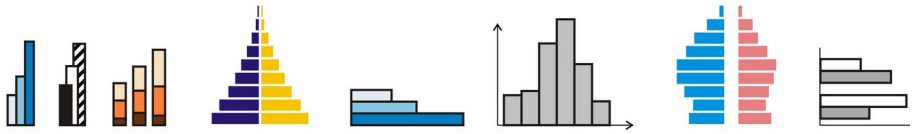
У ову врсту дијаграма се могу сврстати и *скатер (расути) дијаграми* (*scatter chart, scatter plot*) иако се међусобно визуелно разликују. И код ових дијаграма се користе тачке у правоуглом

координатном систему у којем осе представљају различите атрибуте, али се не повезују линијом. Изузетно, може се приказати регресиона линија, али она не повезује тачке као код линијског дијаграма, већ само приказује тренд или везу две променљиве. Неки аутори ову врсту дијаграма издвајају као засебну врсту дијаграма.



Слика 8-6: Линијски дијаграми

Тракасти дијаграми *(bar chart)* приказују податке помоћу трака, тј. широких линија. Траке се обично постављају вертикално, па личе на стубиће, по чему се овај дијаграм понекад назива и *стубичасти дијаграм*, иако се понекад постављају и хоризонтално. У сваком случају, свака трака представља вредност или количину неког атрибута или појаве, а висина (дужина) траке је пропорционална тој вредности. Ширина свих трака је једнака и није у вези са вредностима атрибута. Могу се користити за приказивање више атрибута (сваки атрибут има своју боју или растер) као и за приказ структуре, сегментирањем траке на делове пропорционалне учешћу појединог сегмента у укупној вредности. У неким применама се дводимензионалне траке приказују као тродимензионалне шипке, али трећа димензија има само естетску функцију.



Слика 8-7: Тракасти дијаграми

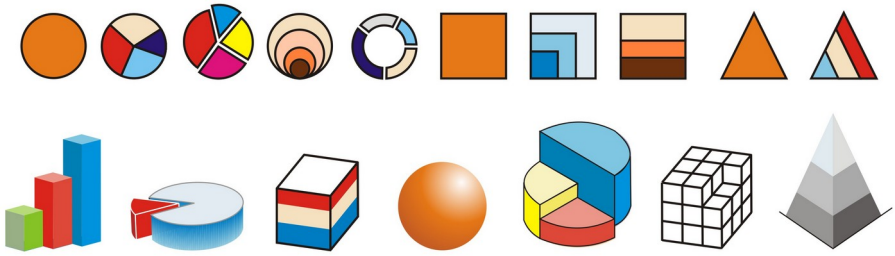
Уобичајено је да се тракасти дијаграми користе за појаве са малом разликом између максималне и минималне вредности.

У ову групу дијаграма спадају и хистограми јер су графички слични, иако се разликују по суштини: хистограми приказују

расподелу континуираних података, а *bar chart* дискретних података.

> Постоје и тракасти дијаграми који се користе на потпуно други начин: ширина траке је пропорционална вредности атрибута или појаве, а дужина може, али и не мора да буде у некој размери. На пример, положај и облик трака се подудара са железничким пругама, а њихова ширина је пропорционална количини терета који се њима превози у току једне године; тако ће највећу ширину добити траке (пруге) које указују на највећи проток робе, док ће остале имати мање ширине, пропорционалне количини превеженог терета. Ова врста тракастих дијаграма и њихова примена у картографији се у овом уџбенику детаљније објашњава у поглављу о методи линија кретања.

Површински и запремински дијаграми имају површину (запремину) пропорционалну величини појаве или атрибута који приказују. То су обично правилне геометријске фигуре или тела (круг, квадрат, троугао, лопта, коцка, пирамида), али може се користити и било који картографски знак (обично пиктограм који је у некој вези са темом карте: мушкарац или жена, авион, аутомобил, дрво, итд.).



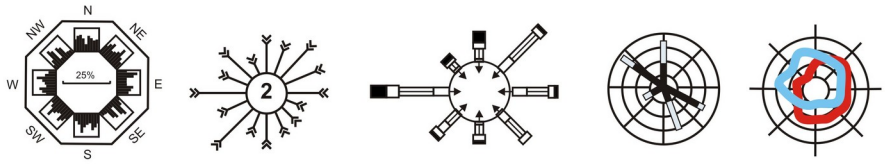
Слика 8-8: Површински и запремински дијаграми

Површински дијаграми се уобичајено користе за појаве са великом разликом између максималне и минималне вредности, а запремински само за појаве са веома великом разликом између максималне и минималне вредности.

Овим дијаграмима се може приказати и структура појаве, али се тада бирају фигуре и тела која су погодна за сегментирање, обично кругови или елипсе и на њима засновани облици квадрати, коцке и сл.

Запремински дијаграми су мање подесни за сегментирање од површинских јер су разлике у сегментима мање уочљиве.

Поларни дијаграми су дијаграми у поларном координатном систему. Сваки дијаграм у правоуглом координатном систему има своју иначицу у поларном, али постоји и неколико дијаграма који су погодни за приказ само у поларном систему. На пример, *радарски дијаграм* или *дијаграм паукове мреже* (*radar chart, spider chart*) којим се приказује неколико серија података или атрибута од којих је сваки представљен различитом линијом или обликом који се протеже од пола (централне тачке) система ка ободу.



Слика 8-9: Поларни дијаграми

У тематској картографији су најзаступљене тзв. *руже*, поларни дијаграми који се често користе у метеорологији (*руже ветрова*), океанографији, геологији и другим областима којима се приказују величина и смер простирања неке појаве (ветра, морске струје, геолошки феномени), у одређеном временском периоду и на одређеној локацији, у односу на стране света. У дијаграму ружа, сектори (латице) представљају различите правце или појаве, а дужина сваког сектора (латице) одговара учесталости или броју појављивања у том правцу или појави. Ружа може да приказује 8, 16, па чак и 32 смера, при чему ти смерови не морају увек да буду у вези са странама света.

Пиктограф је дијаграм који приказује величину појаве и/или њене структуре помоћу малих сегмената једнаке величине и облика који, сваки појединачно, представља неку вредност појаве. На пример, сваки сегмент означава 50 000 људи или 100 хектара и сл.

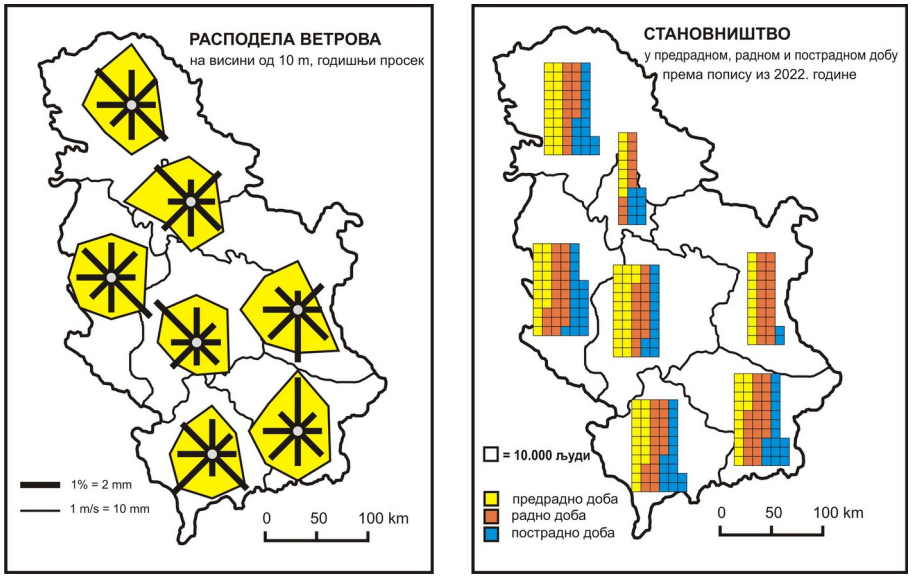
Сегменти могу бити геометријске фигуре или тела (квадрати, коцке), као и пиктограми или слични знаци који асоцирају на

појаву која се приказује, а у дијаграм се слажу матрично, у колоне и редове.

Тачност приказа појаве одређена је величином сегмента, иако се и он може поделити на половине или четвртине, ако за тим има потребе и ако то не омета читљивост.

Примена пиктографа у тематској картографији је прерасла у посебну методу, *методу тачака*, која се у овом уџбенику детаљније објашњава у поглављу посвећеном овој методи.

Поједини аутори пиктографе сматрају посебном врстом дијаграма, и придодају их подели на линијске (1Д), површинске (2Д) и запреминске (3Д) као *тачкасте дијаграме (0Д).*



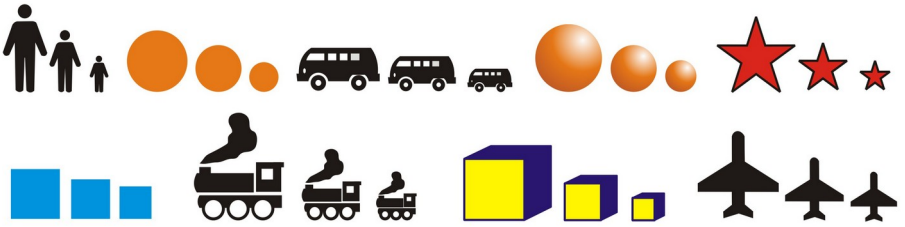
Слика 8-10: Картодијаграм са ружама ветрова (лево) и пиктографима (десно); приказани подаци су фиктивни, служе само као илустрација

Сваки од наведених дијаграма се може користити на карти, у циљу приказа одређених квантитативних и/или квалитативних података.

Картограми се, слично дијаграмима, такође тешко могу свеобухватно класифицирати. Основна **подела картодијаграма** почива на броју атрибута (појава) које

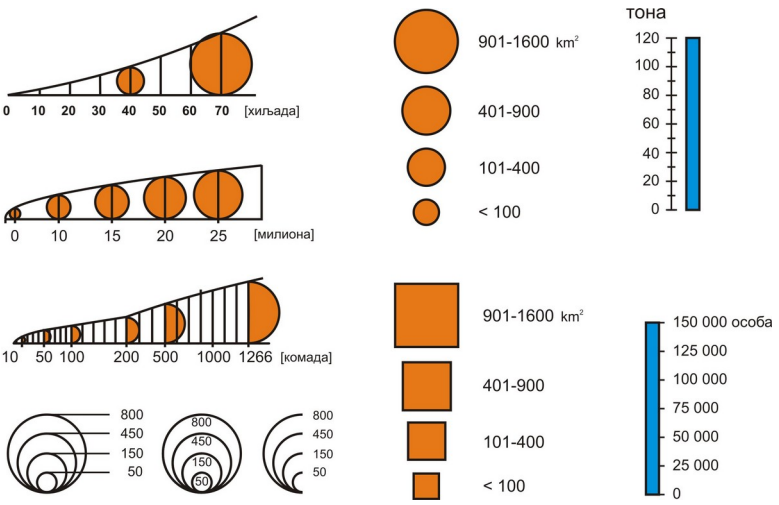
приказују. У том смислу разликујемо **просте** и **сложене** картодијаграме.

Прости картодијаграми приказују, осим локације, само један атрибут – величину. Што је величина атрибута (појаве) већа, то је већи и дијаграмски знак којим је она представљена, Као прости дијаграм може се користити било који знак: трака, круг, квадрат и друге геометријске фигуре, геометријска тела, пиктограми и слично.



Слика 8-11: Примери дијаграма погодних за просте картодијаграме

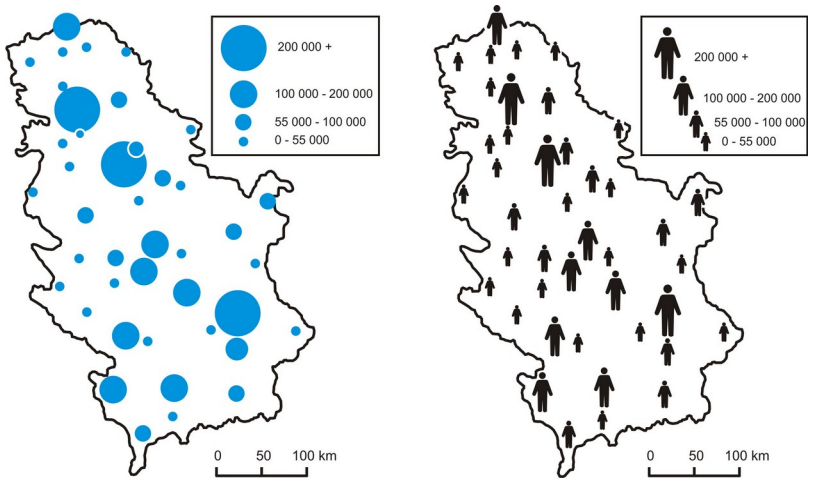
Сразмерност између димензија знака и величине појаве се може приказати *континуирано* (све вредности распона) или *дискретно* (у корацима, скоковито), тј. по класама: вредности распона се према величини групишу у неколико класа, па се свакој класи додели знак једне величине. У првом случају се у легенди даје одговарајући номограм за очитавање вредности конкретног знака, а у другом се вредности класа у датом распону приказују са свим појединачним димензијама знакова.



Слика 8-12: Примери приказа континуиране и дискретне сразмерности знакова у легендама

Код дијаграма у облику линије или траке варира се дужина, код површинских дијаграма површина, а код запреминских запремина. То значи да у случају коришћења, на пример, кругова, вредност три пута већа од референтне неће бити приказана кругом чији је (полу)пречник три пута дужи, већ кругом чија је површина три пута већа од површине круга којим је приказана референтна вредност.

> У неким школама картографије прости дијаграми се сврставају у засебну методу тематске картографије, *методу пропорционалних знакова* или *методу скалара*.



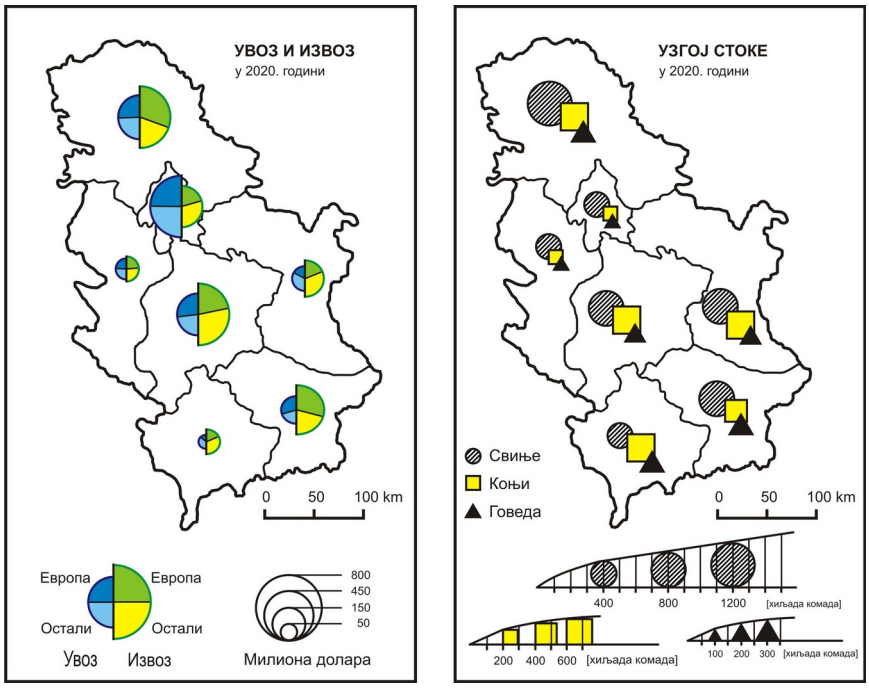
Слика 8-13: Прости картодијаграми
(величина појаве приказана градирано)

Сложени картодијаграми приказују више атрибута или појава истовремено. Сваки од атрибута се може приказати дијаграмом истог типа (варирањем величине, облика, оријентације, боје и сл.) или коришћењем различитих типова дијаграма.

Сложени дијаграми најчешће приказују *структуру појаве*.

Структура појаве се најчешће приказује само са релативним вредностима: видљиво је учешће појединог атрибута у целој појави, али се не дају њихове укупне апсолутне вредности. На пример, однос запослених у одређеним секторима привреде – индустрији, пољопривреди и услугама – без података о томе колики је број запослених по тим секторима. Или, удео појединих житарица у укупној жетви, без података о количини појединих житарица. Тиме се олакшава фокусирање искључиво на структуру појаве и сагледавање доприноса појединих атрибута. Такви картодијаграми се називају *структурни* или *обични структурни картодијаграми*.

Заједно са структуром могу бити приказане и апсолутне вредности атрибута и укупна вредност (збир) појаве. Такви картодијаграми се називају *структурно-сумарни картодијаграми.*

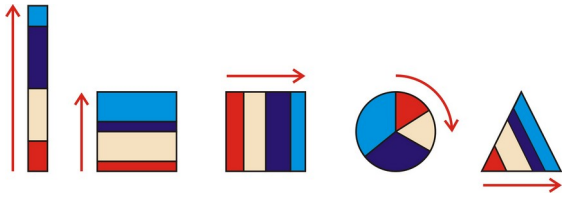


Слика 8-14: Сложени дијаграми:
са дијаграмима истог типа (лево) и дијаграмима различитог типа (десно); оба картодијаграма величине појаве приказују континуирано

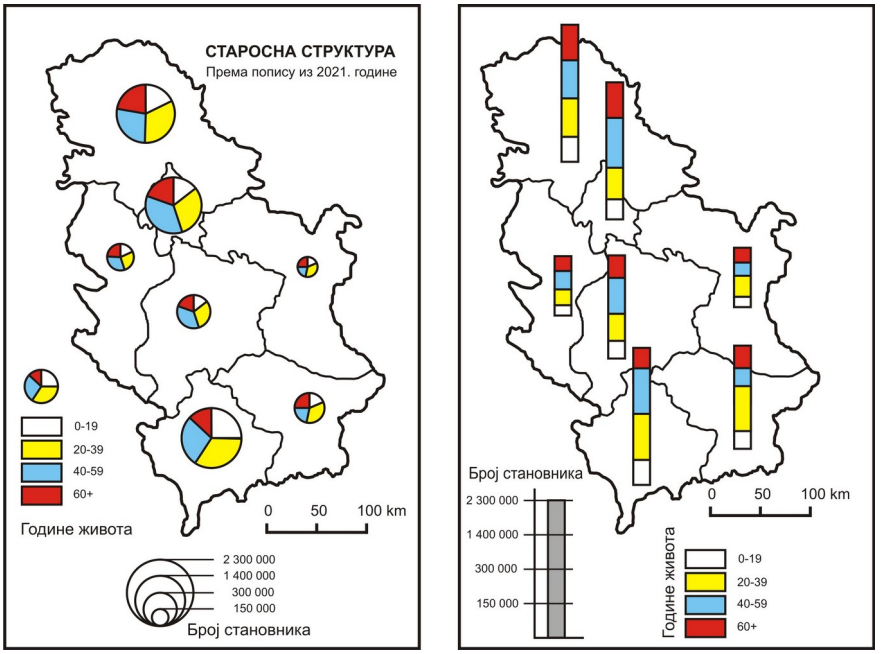
Структурирање се може извршити на различите начине: сегментирањем самог дијаграма, коришћењем дијаграма истог типа, али различитих боја, тонова, растера и сл, као и коришћењем различитих типова дијаграма. За сегментирање су погодни дијаграми правилних облика: траке (*bar chart)*, кругови (*pie chart*, „пите“), квадрати, троуглови и слични, који могу бити приказани и из косе перспективе, у три димензије, итд.

Сегменти структурних дијаграма се на картодијаграму увек постављају у истом редоследу. Редослед зависи од облика дијаграма: одоздо на горе, с лева на десно, или у правцу кретања казаљке на сату. Сегменти се третирају као проценат укупне вредности појаве коју приказују, а морају бити означени тако да се јасно разликују: различитим бојама, различитим тоновима исте боје или сиве скале, или растерима

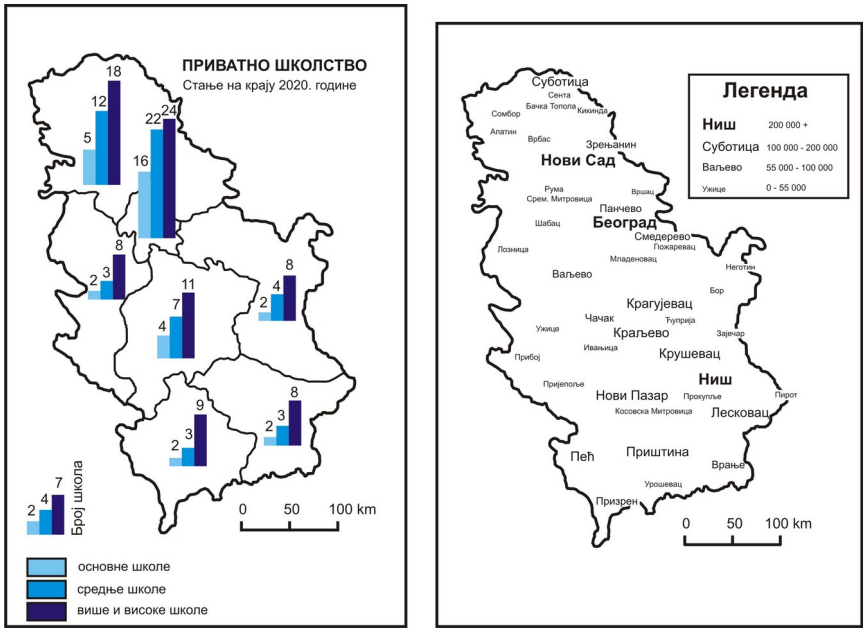
различитих узорака и/или различитих густина узорака. Понекад се уз сегмент бројем даје његова релативна вредност (проценат). Структурни дијаграми не би требали да имају више од 6-7 сегмената.



Слика 8-15: Редослед сегментирања



Слика 8-16: Приказ структуре сегментирањем дијаграма и апсолутних вредности сразмерно величини знака



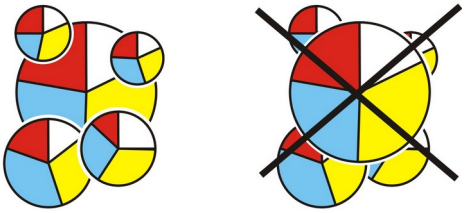
Слика 8-17: Картодијаграм са апсолутним вредностима (лево) и картодијаграм са називима насељених места као дијаграмима (десно)

Читљивост картодијаграма је у великој мери одређена избором одговарајућег дијаграма, правилно одређене пропорције између димензија дијаграма и величина појаве, правилног позиционирања дијаграма и правилног сегментирања структурних дијаграма. Свакако, и овде важи опште правило дизајна: "мање је више"; треба избегавати превише боја, непотребне сенке, 3Д ефекте, прелазе боја, разне специјалне ефекте и сл. без претходног сагледавања како ће се то одразити на читљивост и прегледност.

Димензије картодијаграма (тј. пропорције између димензија дијаграма и појаве чију величину представљају) треба пажљиво одабрати. Лоше одабрана скала величина узроковаће или превелике дијаграме који ће се међусобно преклапати, или толико мале да се неће јасно уочавати разлике у њиховим величинама (или структури), или обоје. Пропорције зависе од облика дијаграма: већ је указано да се тракастим дијаграмима варира висина (дужина), површинским површина, а запреминским запремина. Иако за

то постоје одређене формуле, оптималне димензије дијаграма се често одређују експериментално, провером више могућих решења.

Делимично преклапање дијаграма је дозвољено, уз услов да се не омета њихово правилно читање. У случају дозвољеног преклапања, мањи дијаграм се увек поставља преко већег.



Слика 8-18: Преклапање дијаграма: правилно (лево) и неправилно (десно)

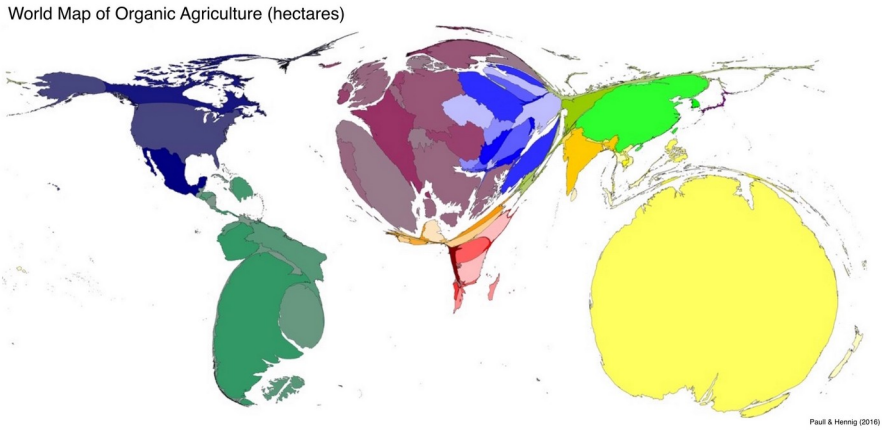
Позиционирање дијаграма следи једноставна правила: централна тачка дијаграма се поставља или на тачну локацију на коју се подаци односе (нпр. на град, на место где су вршене опсервације чији се резултати приказују и сл.), или у оптички центар територијалне области на коју се подаци односе. Међутим, када тракасти дијаграм излази ван контура области на коју се односи, онда се вертикалне траке постављају близу јужне границе области, а хоризонталне близу западне границе.

Од ових правила се, наравно, може донекле одступити да би се избегло недозвољено преклапање дијаграма.

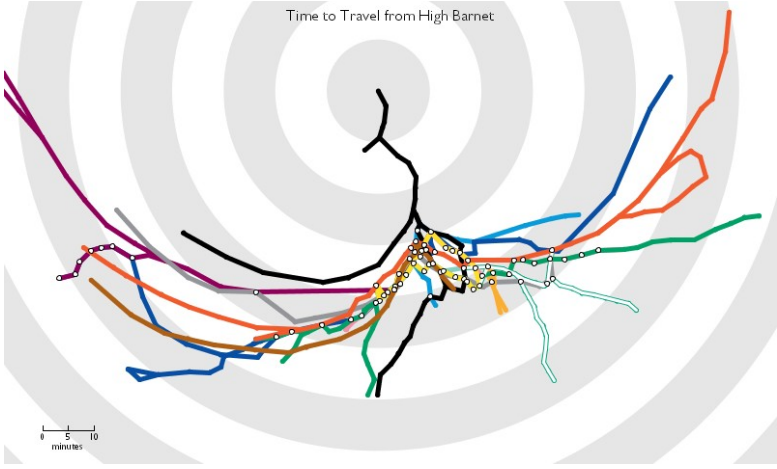
У картодијаграме спадају и тзв. **анаморфне карте**, карте код којих се величина (интензитет) појава не приказује пропорционално величини неког тачкастог знака или пропорционално ширини неке линије, већ пропорционалном деформацијом самога простора – површином територијалне јединице (нпр. континента) или растојањем на линијским објектима и појавама (нпр. према времену путовања). Тако настају тематске карте које се у литератури на енглеском језику називају, у зависности од тога да ли се мења (повећава или смањује) површина или дужина, *површинским* или

линијским картограмом (*area cartogram; linear cartogram*). Дакле, енглески појам *cartogram* **не одговара нашем појму *картограм*.**

> Појам *анаморфна карта* није уобичајен стручни термин у нашој картографији. Ипак, он је интернационално препознатљив, користе га Немци (*Kartenanamorphote* или *Kartenanamorphose*) и многи други европски народи који реч *картограм* користе у истом значењу као и ми. Користи се чак и на енглеском језику, као *anamorphic maps*.



Слика 8-19: Анаморфна карта (area cartogram) света на којој је величина држава приказана сразмерно броју хектара пољопривредног земљишта које се обрађује применом органске пољопривреде
(https://en.wikipedia.org/wiki/Cartogram)



Слика 8-20: Анаморфна карта (linear cartogram) лондонског метроа са растојањима пропорционалним времену путовања са станице High Barnet
(https://en.wikipedia.org/wiki/Cartogram)

8.3.5 Метода линија кретања (линија тока)

Метода линија кретања (линија тока) се примењује за приказивање **правца и/или обима кретања** неких појава. Кретање може бити каналисаног карактера (дуж линијских објеката: река, саобраћајница и сл.), или у ширем појасу, тј. на већем подручју или целој територији картирања (нпр. циклични путеви миграције животиња, струјања у горњим слојевима тропосфере, морске струје и сл.).

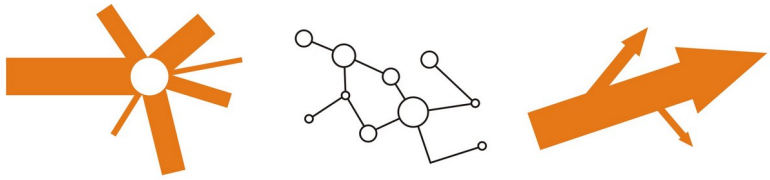
Кретање се представља тежишно линијским сигнатурама. Често су линије толике ширине да им више одговара назив „трака“ или „појас“.

На неким картама које се служе овим методом, ширина линија (трака) може бити пропорционална количини протока.

> Када кретање није каналисаног карактера (океанске струје, ветар и сл.), оно се може моделовати као векторско поље у коме се правац и интензитет кретања могу мерити у било којој тачки у простору. Овај начин приказивања кретања (и њему сличним начинима) поједини аутори дефинишу као засебну методу тематске картографије, *методу вектора*. Такође, приказивање количина протока тракама чија је ширина пропорционална количини протока, по дефиницији спада у *картодијаграме* (*линијски картодијаграм!*). Међутим, разликовање карата рађених методом вектора, линијских картодијаграма и карата које приказују кретање и ток на друге начине, није увек једноставно, јер се ове методе често користе у међусобним комбинацијама. Зато се у овом поглављу под појмом *метода линија кретања* подразумевају сви начини приказивања кретања и тока, независно од наведених разлика.

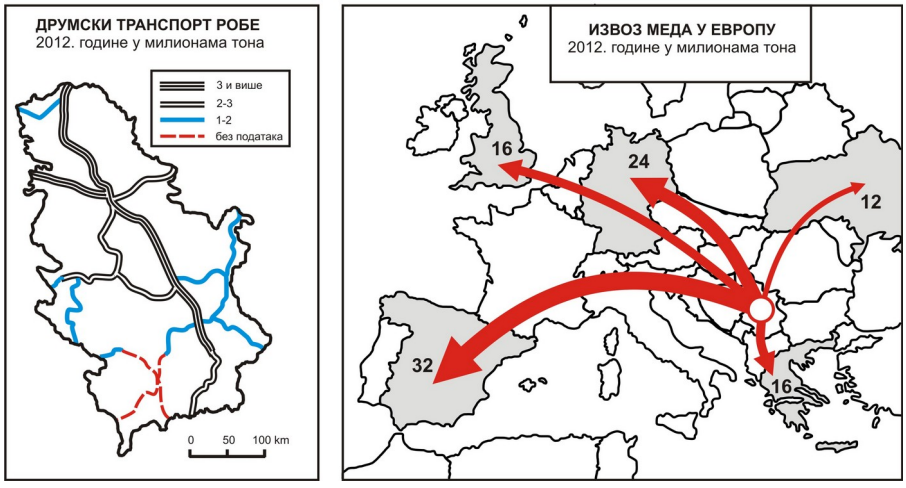
Наравно, варирају се и облик, боја и други елементи линија, а у случају анимираних карата и брзина протока.

Линије кретања могу бити **радијалне** (са локацијама које су картиране као чворови заједничког полазишта или одредишта), **мрежне** (које показују међусобну повезаност локација) или **дистрибутивне** (које приказују ток рачвањем без чворова). Оне се картирају на различите начине, често и у међусобним комбинацијама.



Слика8-21: Радијалне, мрежне и дистрибутивне линије (с лева на десно)

Пример карата израђених методом линија кретања су **карте путничког или теретног железничког саобраћаја** на којима ширине појаса стоје у неком односу с превезеним бројем путника или количином терета, затим кретање ваздушних или морских маса, кретање војних јединица, миграције људи и животиња, итд.



Слика 8-22: Карте урађене методом линија кретања: каналисаног кретања (лево) и радијалног кретања (десно)

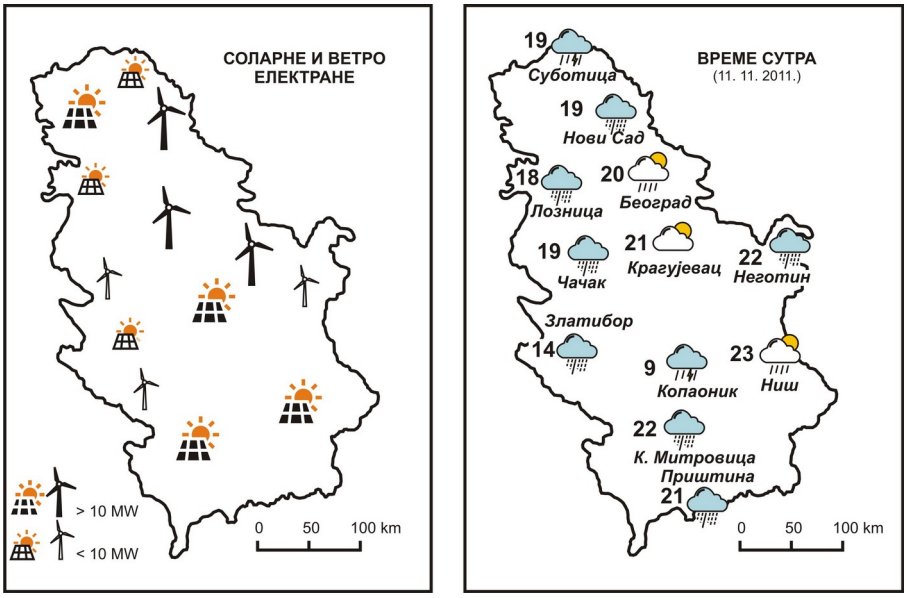
Слика 8-23: Карте урађене методом линија кретања: Колубарска битка (лево) и морске струје Јадранског мора (десно)

8.3.6 Метода знакова

Методом знакова се приказују појаве помоћу тачкастих сигнатура које се на карти постављају тачно на локацију на коју се односе.

Ова метода се примењује за приказивање квалитативних карактеристика потпуно различитих врста објеката и појава, на шта се указује обликом, унутрашњим обележјима и бојом знака. Међутим, картодијаграмским приступом – варирањем величине знака – као и бројчано-словним ознакама и непосредним објашњењима, може се указати и на квантитативне карактеристике објеката или појава.

Метода знакова начелно се примењује за картографисање објеката и појава који се не могу изразити у размери карте. Обично су то објекти и појаве антропогеног порекла, а ређе природног.



Слика 8-24: Метода знакова

8.3.7 Метода изолинија

Метода изолинија се примењује за приказивање квантитативних карактеристика појава које се непрекидно распростиру по целој територији картирања.

Изолиније су затворене криве линије које повезују тачке са истим вредностима (интензитетом) неке појаве.

У зависности од појаве, изолиније имају посебне називе: **изохипсе** – линије истих висина, **изобате** – линије једнаких дубина вода, **изобаре** – линије једнаког атмосферског притиска, **изобите** – линије једнаког слегања терена, **изогоне** – линије једнаких магнетских деклинација, **изоклине** – линије истих вредности магнетске инклинације, **изонифе** – линије једнаке висине снежног прекривача, **изоколе** – линије једнаких деформација картографске пројекције, **изогаме** – линије истих вредности убрзања силе Земљине теже, **изогеотерме** – линије једнаких годишњих температура, итд.

За примену методе изолинија у првом кораку је важан број и распоред тачака са познатом вредношћу дате појаве, тј. тачака на основу којих се интерполирају изолиније. Пожељан је њихов равномеран распоред на територији картирања, као и дуж линија и у тачкама које са екстремним вредностима (нпр. код рељефа су то вододелнице и водосливнице, врхови, најниже тачке долине, и сл.), са одговарајућом густином. Недовољан број података и/или њихов лош распоред не погодује примени ове методе.

У другом кораку је важно да се добро одабере интервал вредности између две суседне изолиније. Избор интервала зависи од **тачности** коју имају вредности дате појаве (интервал мора бити мањег реда тачности од датих величина) и **густине** коју ће изолиније имати на деловима карте са великим променама вредности појаве (премали интервал узроковаће стапања изолинија на тим деловима).

Интервал између суседних изолинија је, по правилу, једнак на целој тематској карти. Међутим, могућа је и примена *променљивог интервала* када се, обично у равничарским пределима, користи **мања** еквидистанција у односу на остале делове територије (таква еквидистанција се примењује, на пример, код неких рељефних карата Србије како би до изражаја дошли и поједини рељефни облици у Војводини који би, у случају примене непромењиве еквидистанције, остали непримећени).

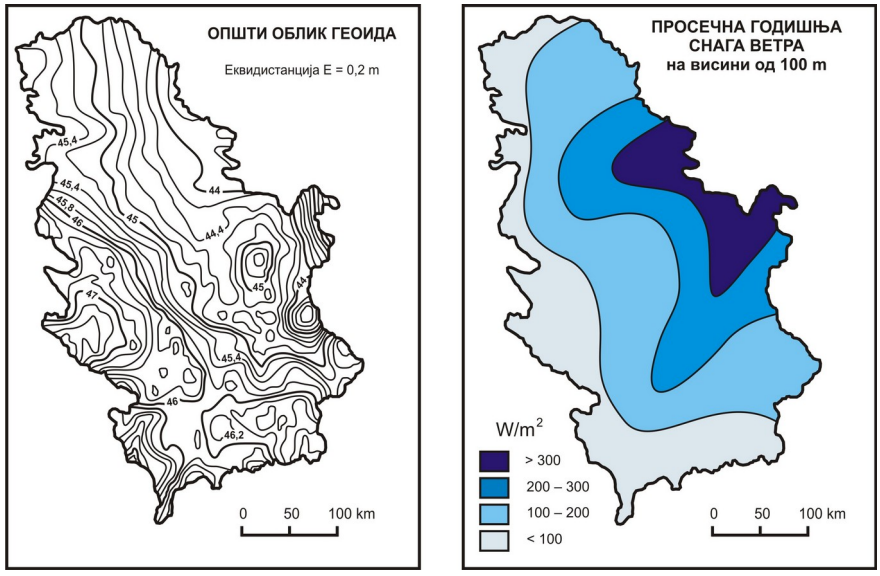
Такође, на деловима где су разлике у величинама картиране појаве мале (па је размак између суседних изолинија велик), могу се користити *помоћне изолиније*, са вредостима од половине, па и четвртине усвојеног интервала.

За примену методе изолинија важе сва правила која су наведена у поглављу овог уџбеника који се односи на приказ рељефа изохипсама; разлика је једино у специфичностима картиране појаве, али сама метода је принципијелно иста.

Када се тематска карта методом изолинија ради уз помоћ рачунара, важан је и избор **методе интерполације**. Различите методе интерполације даће различите резултате, тј. различит облик (положај) изолинија, па је стога потребно познавање и правилан избор интерполационе методе.

Изолиније се приказују линијама исте дебљине, осим помоћних изолинија које морају бити уочљиво другачијег типа (тање или испрекидане и сл.) и, евентуално, сваке *n*-те где је *n* неки целобројни умножак основне еквидистанције (*n* = 5, 10,...), која се приказује дебљим линијама, ради лакшег одређивања вредности појаве. Вредност изолиније се обично уписује бројем који се поставља на средину линије тако да прати њен ток; на том месту се линија прекида да би се бројка боље уочила. Вредност може бити уписана на сваку изолинију или на сваку *n*-ту, у зависности од густине изолинија на карти. Такође, унутар малих затворених контура може се унети знак "–" или „+“ уколико је вредност појаве унутар контуре мања (већа) од вредности претходне контуре, тј. у ситуацијама када баш на том месту долази до нагле промене вредности у супротном смеру у односу на тренд који је претходио.

Метода изолинија је најпогоднија за приказивање физичко-географских појава на тематским картама (нпр. на гравиметријским, климатским, хидролошким и другим).



Слика 8-25: Метода изолинија

Она се понекад комбинује са бојама или тоновима једне боје којима се попуњава зона између одговарајућих изолинија (нпр. између сваке пете изолиније). Тада се обично примењује принцип: ,,што је већа вредност квантитативног показатеља – тим тамније'' (пример: хипсометријска скала код висина). Но, понекад се користи обрнути принцип.

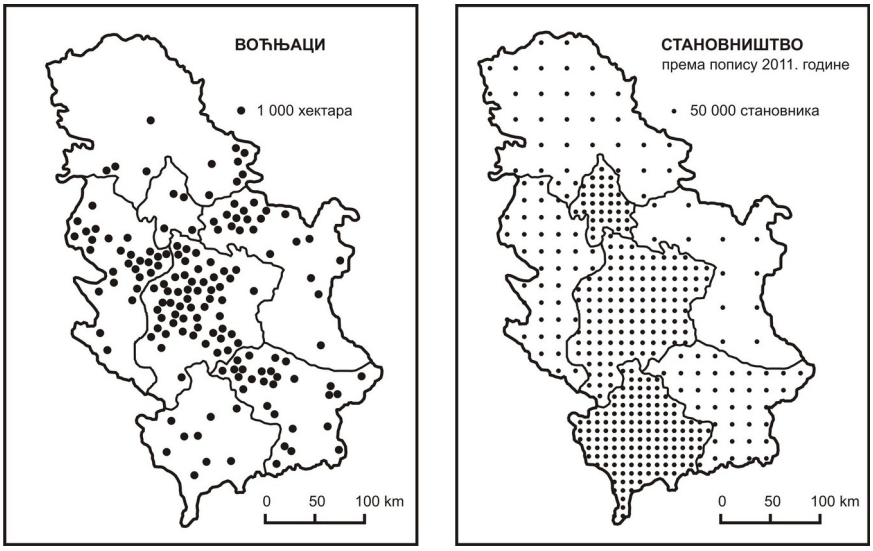
> И овде важе правила која су наведена код примене хипсометријске скале за приказ рељефа. Основно правило је да се дебљина слојева мора прилагодити карактеру појаве и да одражава општу расчлањеност квантитативног показатеља. Треба се руководити чињеницом да комбинација изолинија и слојева доводи до тога да слојеви постају главно изражајно средство (јер су визуелно доминантни), док изолиније служе као помоћно средство, у функцији метричности (чак се, у појединим применама, могу и искључити).

8.3.8 Метода тачака

Метода тачака се примењује за приказивање распореда односно густине неке појаве.

Суштина методе је да се на територији картирања распоређују тачке *једнаке величине* чији је број пропорционалан интензитету појаве. Свака тачка представља једнак број јединица мере неке појаве, нпр., свака тачка означава 50 000 становника, или 100 ha, итд. Јединица мере се назива „тежина" тачке. Када се нека појава картира на тај начин, могу се уочити одређени просторни обрасци: распоред, распростирање и варијације у густини.

Тачке могу бити распоређене према стварним локацијама појединачних појава (тополошки распоред), или у картограмском (шематском) распореду унутар неког подручја. За картограмски распоред је карактеристична равномерна расподела тачака унутар дате територијалне јединице, независно од стварног положаја појаве која је приказана тачкама.



Слика 8-26: Метода тачака: тополошки распоред (лево) и картограмски распоред (десно)

Код методе тачака најважније је да се "тежине" и величина тачке одреде на начин који ће допринети и метричности и естетици карте. Наиме, квантитативни подаци се добијају бројањем тачака и множењем са "тежином" тачке, па вредности "тежине" мање од оптималне могу довести до стапања тачака, а веће до њиховог растурања, поготово ако се погреши и у избору величине (промера) саме тачке. Истовремено, величина тачака мора бити одабрана тако оне буду добро видљиве, али да не заузимају превише простора на карти. Зато се избор "тежине" и величине тачке мора прилагодити одабраној размери карте и густини саме појаве. Добар избор подразумева да се тачке постављене тако да их је могуће разликовати и пребројати, односно да показују дисперзију приказане појаве на картираном подручју, тј. да одражавају његову географску распрострањеност.

Методом тачака се на једној карти могу приказати и две или више појава, ако се свакој појави придружи различита боја и/или различита величина тачке. Основни предуслов је да приказани феномени имају исту "тежину", јер само тада има смисла истовремено приказивати те појаве овом методом.

Недостатак методе тачака је мала могућност комбиновања са другим методама, јер се код сваке комбинације смањује очигледност и отежава бројање тачака.

> Назив методе се односи на чињеницу да се најчешће користе знакови у облику тачака (мали кругови). Међутим, уместо тачке се могу користити и знаци других облика. Због те чињенице, поједини аутори методу тачака називају и *методом броја елементарних знакова* или слично, чиме указују да се ради о методи којом се нека појава квантификује пребројавањем знакова, без обзира на то какав је њихов облик.

8.3.9 Подела тематских података на класе (разреде)

Статистички подаци и резултати мерења (опажања), као и други квантитативни подаци који се приказују на тематским картама обично се преузимају из публиковане или непубликоване грађе, најчешће у облику табела. То значи да је њихов тип, као и број класа у које су разврстани, већ одређен и да картограф треба те податке – такве какви су – да прикаже на тематској карти одговарајућом методом.

Међутим, постоје многе ситуације у којима је картограф тај који податке које треба да прикаже мора претходно да разврста у одређени број класа.

Подела на класе поједностављује стварност: појединачна опажања се губе, мале разлике се смањују, а велике наглашавају, што олакшава анализу, уочавање образаца и закључивање. Те предности се преносе и на картографски приказ тих података.

Међутим, правилан избор броја класа и начина на који се подаци сврставају у поједине класе није рутински задатак, већ зависи од карактеристика саме појаве и способности картографа да препозна оптимално решење за дату појаву. Потребно је истовремено узети у обзир и карактеристике

саме појаве (односно њене расподеле на територији картирања) и психологију перцепције.

Приликом поделе података на класе, први изазов је одређивање њиховог броја: већи број ће карту учинити детаљнијом, мањи број општијом. Но, постоји општа препорука да број класа не би требао бити већи од 5-8, јер већи број класа захтева и већи број боја (тонова, растера), што отежава њихово разликовање.

> Ипак, вешт и искусан картограф може да се избори и са релативно великим бројем класа (чак и преко 15), а да не буду угрожени прегледност или читљивост карте. Но, то су ретки примери. Нека истраживања показују да се на око 50% тематских карата које приказују класификоване податке користи пет класа, а на око 20% шест класа; на преосталих 30% тематских карата примењен је мањи број класа од 5 или већи од 6.

Други изазов је одређивање граница класа: ако исте податке сврстамо у исти број класа, али на различите начине, добићемо различите интерпретације појаве, од којих неке могу водити ка погрешним закључцима.

Опште препоруке за класификацију квантитативних показатеља су:

- класе морају обухватити све вредности података
- класе требају да буду хомогене
- класе се не смеју преклапати
- између граница класа не сме бити празнина
- број класа мора одражавати тачност изворних података

Данас се, осим метода класификације који су се користиле и у доба пре коришћења рачунара, примењују и релативно нове методе које почивају на обимнијим статистичким анализама и оптимизационим моделима. Сваки савремени картографски софтвер може да изврши поделу података на класе на основу више предефинисаних метода као и према специфичним захтевима корисника. Међутим, ни један није у стању да за конкретни низ података саопшти оптималну поделу на класе.

То и даље остаје на картографу који, срећом, сада има могућност да уз на брз и једноставан начин боље анализира податке и да до коначног решења дође чак и итеративно, варирајући различите методе и/или број класа.

8.3.9.1 Методе одређивања граница класа

Постоји више метода одређивања граница класа, на пример:

- метода једнаких интервала,
- метода квантила (једнаких фреквенција),
- метода аритметичка средина/стандардна девијација,
- метода максималних граница,
- метода природних граница,
- аритметички низ,
- геометријски низ, итд.

Ниједна од њих се не може сматрати најбољом, универзалном за примену над сваким сетом података. Уз то, неке од њих захтевају да се пре рачунања граница класа дефинише жељени број класа, што значи да се применом истих метода могу добити различити резултати, у зависности од унапред усвојеног броја класа.

Дакле, избор и примена неке методе за одређивање граница класа зависи од специфичности (карактеристика) података и намене тематске карте и увек је одраз вештине и способности картографа да препозна и примени оптималну методу.

1. Метода једнаких интервала

Применом ове методе подаци се деле у жељени број класа тако да свака класа има једнаке интервале.

Она подразумева да се најпре усвоји број класа (нпр. 5), а затим се распон података (разлика највеће и најмање

вредности скупа података, нпр. 300), подели са бројем класа (300 : 5 = 60). Добијена вредност (у овом примеру: 60) представља ширину једног интервала; први интервал почиње са најмањом вредношћу скупа, а сукцесивно додавање ширине интервала дефинише остале границе.

Метода класификације једнаких интервала најбоље се примењује над континуираним скуповима података као што су падавине или температура.

Пошто су интервали једнаки, број података по класама се разликује, у неким ситуацијама и значајно. Зато методу не треба примењивати над подацима који су у датом опсегу тежишно груписани око неколико вредности, јер се може догодити да у неким класама нема података (или их је свега један или два), док је у једној или две класе садржана већина података.

2. Метода квантила (једнаких фреквенција)

Подаци се деле у жељени број класа тако да свака класа има једнак број података.

И ова метода подразумева да се најпре усвоји број класа (нпр. 5), а затим се број података (нпр. 720) подели са бројем класа (720 : 5 = 144). Сада се подаци сортирају у растући низ (од најмање вредности до највеће) и у сваку класу сврстава исти број података (по 144), према растућим вредностима (прва класа 1-144, друга класа 145-289, итд).

Код методе квантила нема празних класа нити класа које садрже премали или превелик број података. Она је подесна за примену над подацима међу којима нема наглих разлика у вредностима тј. који су распоређени равномерно или ординално (рангирано). Ако нису тако распоређени, може се догодити да подаци у оквиру исте класе имају значајно различите вредности или, супротно, да се подаци са незнатним разликама у вредности сврстају у различите класе. И једно и друго може сугерише да у скупу података постоје разлике којих у стварности нема, а то води погрешним закључцима. Зато је важно да се пре примене ове методе

анализира хистограм и утврди да ли је за дати сет података примена ове методе примерена или не. У неким случајевима се наведени проблеми могу превазићи повећањем броја класа, што такође захтева одговарајућу анализу.

3. Метода аритметичка средина/стандардна девијација

Ова метода захтева да се најпре срачунају средња вредност (μ) и стандардна девијација (σ). Средња вредност представља границу интервала, а границе интервала лево и десно у односу на средину се рачунају додавањем вредности стандардне девијације, онолико пута колико има података. Дакле, сваки интервал имају ширину једнаку вредности стандардне девијације (као мера за одређивање граница може се користити и производ σ са неким чиниоцем, нпр. $0{,}25\sigma$, $0{,}5\sigma$, $1{,}5\sigma$ и сл.).

Очигледно, овакво одређивање граница класа указује на распоред података *у односу на средњу вредност*, па се то мора на одговарајући начин и визуелизовати, како би читалац то могао одмах уочити. На пример, код методе картограма класе са вредностима испод средње вредности се могу приказати тоновима једне боје (обично хладне), а класе са вредностима изнад тоновима друге боје (обично топле).

Метода није погодна за приказ података који немају нормални распоред.

4. Метода максималних граница

Ова метода захтева да се подаци најпре сортирају у растући низ (од најмање вредности до највеће), а затим се рачунају разлике између свих суседних вредности.

Граница класа се поставља између парова са највећом вредношћу разлика, почевши од највеће, онолико пута колико се класа жели. Ово се може урадити и помоћу хистограма; највеће разлике суседних вредности у сортираном низу се јављају на местима која су представљена празним интервалима. Погодна је за примену над скуповима података који су груписани око појединих вредности.

5. Метода природних граница

Класификација методом природних граница се врши посматрањем хистограма, а затим одабиром граница класа према великим скоковима у суседним подацима. Дакле, метода класификује податке према њиховом "природном" груписању, минимизирајући разлике између вредности података у истој класи и максимизирајући разлике између суседних класа. То је субјективна метода, јер зависи од процене картографа.

Зато се данас класификација овом методом врши помоћу рачунара, тј. статистичког алгоритма који на егзактан начин дефинише границе класа тако да су дисперзије унутар класа стварно минимизоване, а разлике међу класама максимизоване.

> Поједини аутори праве разлику између мануелне и аутоматске примене методе природних граница, тако што ову другу назива Џенксова[44] метода природних граница (*The Jenks Natural Breaks*), према презимену аутора алгоритма.

Овај метод се најбоље користи са неравномерно распоређеним подацима, што га чини погодним за многе примене. Потенцијалан недостатак је што може да креира класе које садрже веома различит број података.

[44] *George F. Jenks*, 1916-1996

Библиографија

[1] Abakumov, N., Dražić, M. P., Svečnikov, N., Sviščev, I.: **Projekcija novog katastarskog premera u Kraljevini SHS**, Geometarski glasnik 1928, 3, 53-61; 4, 101-109; 5, 165-170; 1929, 1, 16-25; 2, 80-87; 3, 130-135.

[2] Anđelić, M.: **Geomorfologija**, Vojnogeografski institut, Beograd, 1990.

[3] Bertin, J.: **Semiology of Graphics: Diagrams Network Maps**, Trans. W.J. Berg, The University of Wisconsin Press, Madison, 1983.

[4] Cibilić, I. i dr.: **Pregled grafičkih varijabli u kartografiji**, Geod. list 2023, 1, 29–44, Zagreb, 2023.

[5] Цвијић, Ј.: Преглед географске литературе о Балканском полуострву за 1892. и 1893. годину, Свеска 1, Београд, 1894.

[6] Čolović, G.: **Vojna topografija**, Vojnoizdavački zavod (Biblioteka Pravila i udžbenici, knjiga 133), Beograd, 1979.

[7] Defense Mapping Agency: Technical Manual 8358.1: Datums, Ellipsoids, Grids, and Grid Reference Systems, Edition 1, Fairfax, VA, USA, 1990.

[8] Defense Mapping Agency: Technical Manual 8358.2: The Universal Grids: Universal Transverse Mercator (UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS), Edition 1, Fairfax, VA, USA, 1989.

[9] Ehringer, B: **Kartographische Generalisierung**, Bakkalaureatsarbeit, University of applied sciences bachelor's degree mobile computing in Hagenberg, 2007. https://bernhard.ehringer.at/files/EhringerB-Bachelorarbeit-I.pdf

[10] Frančula, N.: **Kartografska generalizacija**, Sveučilište u Zagrebu : Geodetski fakultet, Zagreb, 2003. https://www.researchgate.net/publication/279885848_Kartografska_generalizacija

[11] Frančula, N.: **Kartografske projekcije**, Sveučilište u Zagrebu : Geodetski fakultet, Zagreb, 2003. https://www.researchgate.net/publication/27188670_Kartografske_projekcije

[12] Frangeš, S.: **Minimalne veličine signatura kao uvjet čitljivosti karte**, Geodetski list 2000, 2, Zagreb, 2000, 83-92

[13] Frangeš, S.: **Opća kartografija**, rukopis predavanja, Sveučilite u Zagrebu : Geodetski fakultet: Zavod za kartografiju, Zagreb, 2003. https://www.geof.hr/kartogra/opca%20kartografija.pdf

[14] Geografski institut Jugoslovenske Armije (GI JA): **Čitanje karata**, GI JA, Beograd, 1947.

[15] Geografski institut Jugoslovenske Narodne Armije (GI JNA): **Topografija**, GI JNA, Beograd, 1955.

[16] Günter Hake, G., Dietmar Grünreich, D.: **Kartographie**, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1994.

[17] International Cartographic Association (ICA): **Achievements of the ICA**, Institut Geographique National, Paris, 1995.

[18] International Cartographic Association (ICA): **Strategic Plan for 2003-2011**, ICA, Brussels, 2003 http://icaci.org/strategic-plan

[19] International Cartographic Association (ICA): **Strategic Plan for 2019-2027**, ICA, Brussels, 2019 http://icaci.org/strategic-plan

[20] Imhof, E. : **Kartographische Geländedarstellung**, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1965.

[21] Jenny, B., Patterson, T., Hurni, L.: **Graphical design of world map projections**, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 24, No. 11, November 2010, Taylor & Francis Online, 1687–1702 https://www.tandfonline.com/journals/tgis20

[22] Lapaine, M., Frančula, N.: **Map Projections Classification**, Geographies 2022, 2, 274–285, 2022

[23] Lovrić, P: **Oblici i veličine kartografskih znakova**, Geodetski list 1980, 1-3, Zagreb, 1980.

[24] Љешевић, А. и Живковић, Д.: **Картографија**, Географски факултет, Београд, 2001.

[25] Lješević, M.A., Bakrač, S.T.: **Kartografija za geografe**, Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet Nikšić, Geografski institut, Nikšić, 2013.

[26] Moellering, H.: **Real Maps, Virtual Maps, and Interactive Cartography**, in Spatial Statistics and Models, Springer/Science+Business Media, 109-132, 1984.

[27] NATO: Standardization Agreement (STANAG) : **Geodetic Datums, Projections, Grids and Grid References**, Edition 6, NATO Military Agency for Standardization, Brussels, 2001.

[28] Peterca, M. i dr.: **Kartografija**, Vojnogeografski institut, Beograd, 1974.

[29] Радојчић, С.: **Стеван П. Бошковић – живот и дело**, Научни скупови, књига CLXXXIV Одељење за математику, физику и геонауке, Књига 7: "Стеван Бошковић – живот и дело : Поводом 150 година од рођења", Српска академија наука и уметности, Београд, 2019, 11–24.

[30] Радојчић, С.: **Први топографски премер Краљевине Србије**, Зборник радова ВГИ бр. 11, Војногеографски институт, Београд, 2003, 209-219.

[31] Radojčić, S.: Transformacija koordinata između Gaus-Krigerove i Svetske poprečne Merkatorove projekcije za teritoriju Srbije, Vojnotehnički glasnik, 4/2008, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd, 2008, 89-95.

[32] Radojčić, S.: **Redukcija geodetskih merenja na referentni elipsoid**, Vojnotehnički glasnik, 4/2011, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd, 2011, 272-281.

[33] Robinson, A. H. : **The look of maps: An examination of cartographic design**, University of Wisconsin Press, Madison, 1952.

[34] Салишчев, К.А.: **Картография,** Издание второе, переработаное и дополненое, Издательство ''Висшая школа'', Москва, 1971.

[35] Салишчев К.А.: **Картоведениje**, Издательство Московског Универзитета, Москва, 1976.

[36] Салишчев К.А.: **Картография**, Издание трете, переработаное и дополненое, ''Висшая школа'', Москва, 1982.

[37] Вемић, М.: **Картовизија : приступи и концепти у картографији**, Међународно удружење "Стил", Београд, 2005.

[38] Вемић, М.: **Речник картографских појмова**, Међународно удружење "Стил", Београд, 2021.

[39] Вемић, М.: **Теорија значења у картографији**, Географски институт „Јован Цвијић" САНУ, Београд, 1998.

[40] Vojnogeografski institut (VGI): **Topografski znaci za karte razmera 1 : 25 000 do zaključno 1 : 100 000**, Vojnogeografski institut, Beograd, 1952.

[41] Vojnogeografski institut (VGI): **Topografski znaci za karte razmera 1 : 50 000, 1 : 100 000 i 1 : 200 000 po Parizu**, drugo izdanje, Vojnogeografski institut, Beograd, 1964.

[42] Vojnogeografski institut (VGI): Topografski znaci : priručnik za korisnike topografskih karata razmera 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 i 1:200 000, izdanja Vojnogeografskog instituta, Vojnogeografski institut, Beograd, 1981.

Речник кључних речи

А

алмукантарат
Замишљена линија на површи Земљине лопте дуж које су све тачке једнако удаљене од тачке лопте која се сматра полом одређенога координатног система.

атлас
Низ карата које наменски и садржајно чине целину, повезан у књигу.

атрибут
(1) Карактеристика геопросторног објекта описана бројевима или знаковима, спремљена у табелични формат и повезана с објектом идентификационим бројем који му је корисник додијелио.
(2) Бројчани, текстуални или сликовни податак у релацијској бази података који описује просторне значајке тачака, линија и површина.

атрибут, тематски
Атрибут који неку појаву одређује у тематској димензији.

азимут
Угао у тачки посматрања између меридијана те точке и смера према некој другој тачки, мерен од северног дела меридијана у смеру кретања казаље на сату.

Б

боја
Чулни доживљај који настаје када светлост карактеристичног спектра побуди рецепторе у мрежњачи ока.

боје, примарне
Боје из којих су изведене све остале боје.

В

визуелизација
Процес креирања менталне слике или њеног преноса на неки медиј

валер
Такође: value, тон, светлина. Један од три атрибута (три перцепцијске карактеристике) боје

Г

генерализација, картографска
Такође: картографско уопштавање. Процес смањивања сложености садржаја карте са циљем њене боље прегледности и читљивости, прилагођен размери и намени карте.

геодетска линија
Најкраћа линија између две тачке на некој површи

глобус
Картографски приказ Земље, неког небеског тела или небеске сфере на умањеном моделу у облику лопте (сфере).

Д

деформација дужине
Такође: релативна деформација дужине или линеарна деформација. Неименовани број који представља деформацију дужине на јединицу мере.

деформација угла
Разлика између угла који затварају две линије на површи елипсоида (лопте) и угла између њихових пројекција

деформација површина
Неименовани број који представља деформацију површине на јединицу мере.

деформација пројекције
Промена дужине, површине или угла која настаје при пресликавању површи елипсоида (лопте) у раван.

дијаграм
Графички приказ зависности међу величинама у координатном систему.

Е

егзоним
Географски назив који се битно разликује од назива који се користи у држави у којој се налази.

еквидистанција
Висинска разлика између суседних основних изохипси.

еквидистантност
Верност приказа дужина на карти умањених у складу са размером карте.

еквивалентност
Верност приказа површина на карти умањених у складу са размером карте.

елемент карте
Саставни део карте. Разликују се математички и географски елементи карте.

елипса деформације
Такође: Тисоова индикатриса. Слика бесконачно малог круга на елипсоиду (лопти) у пројекцији, која показује како се мења линеарна размера у различитим смеровима.

елипсоид, референтни
Ротациони елипсоид којим се геометријски апроксимира облик Земље и који служи као основа за рачунања.

ендоним

Изворно име неког географског објекта.

З

знак, картографски
Средство картографског изражавања којим се на карти приказују положај, простирање и својства (атрибути) неког објекта или појаве.

зона, меридијанска
Део површи Земљиног елипсоида или лопте омеђен са два меридијана, који чини подручје једног координатног система у равни.

зона, висинска
Појас између две одабране изохипсе обојен тоном одређене боје хипсометријске скале.

И

ICA
Скраћеница од: *International Cartographic Association.* Међународна картографска асоцијација основана 1959. године у Берну.

импресум
У издавању карата: законом прописани и други подаци који се односе на израду и штампање карте (аутор, издавач, редактор, картографски извори, ажурност података, тиражу, години издања, поверљивости и сл.).

издавач карте (картографског производа)
Правно лице одговорно за објављивање карте (картографског производа).

изобата
Линија на карти која спаја тачке истих дубина.

изогона
Линија на карти која спаја тачке истих вредности магнетске деклинације.

изолинија
Линија на карти која спаја тачке истих износа неких величина

изохипса
Линија на карти која спаја тачке истих надморских висина. Деле се на **основне** (које спајају тачке истих надморских висина на одабраној еквидистанцији, **главне** (свака *n*-та основна изохипса, приказана дебљом линијом, обично са котом) и помоћне (које се приказују на половини или четвртини одабране еквидистанције, обично испрекиданим или тачкастим линијама).

К

карта
У одређеном односу смањена, математички конструисана и уопштена слика Земљине површи на равни, која на посебан графички начин приказује распоред, стање и међусобне односе разних објеката и

природних и друштвених појава, одабраних сходно намени. Једна од многобројних дефиниција карте.

карта, анаглифна
Карта која се састоји од стереопара изведеног као стереоцртеж и одштампаног/приказаног на екрану у две комплементарне боје (најчешће црвена и зеленоплава) тако да се цртежи преклапају.

карта вишелисна
Карта која помоћу више листова приказује подручје које се не може у тој размери приказати на једном листу. Листови обично имају исте димензије и приказују подручје без преклапања, а морају бити у истој размери, пројекцији и картографском кључу тако да се суседни листови могу повезивати у јединствену целину. Сваки лист мора имати јединствену ознаку у истом систему означавања.

карта, рељефна
Карта на којој су земљишни облици израђени просторно (тродимензионално)

карта, стереоскопска
Карта рађена ослонцем на стереоскопски ефекат тако да се при посматрању кроз стереоскопски прибор добија утисак просторности (треће димензије).

картодијаграм
тематска карта која приказује варијабилност одабраних атрибута објеката и појава помоћу дијаграма.

картограф
Лице које се бави картографијом

картографија
Дисциплина која се бави концепцијом, проучавањем и израдом карата. Једна од многобројних дефиница картографије.

картографија, математичка
Старији назив за део картографије која проучава картографске пројекције

картографија, тематска
Део картографије који проучава поделу начин израде, употребе и одржавања тематских карата.

картографија, топографска
Део картографије који проучава поделу начин израде, употребе и одржавања топографских карата.

картограм
Тематска карта на којој су примењене само површинске сигнатуре над одређеним територијалним, најчешће административних јединица, без празнина и преклапања.

картометрија
Део картографије који се бави проучавањем мерења на картама и њиховом даљом нумеричком и графичком обрадом. Обухвата: мерење дужина правих и кривих линија, мерење површина и углова,

одређивање координата тачака, мерење висина и висинских разлика, одређивање нагиба, оптичке видљивости и сл.

кључ, картографски
Збирка картографских знакова и скраћеница примењених на некој карти.

конформност
Верност приказа углова и облика у картографској пројекцији у односу на њихове стварне вредности и облике на елипсоиду или лопти.

кота
Број који означава висину тачке изнад или испод усвојене нивоске површи (обично средњег нивоа мора).

круг боја
Кружни поредак боја видљивог спектра који омогућава хармоничан избор боја.

Л

легенда
Графички приказ на маргини карте који садржи приказане картографске знаке и скраћенице, са објашњењем њиховог значења

лист карте
Формат карте или формат листа папира на којем је карта одштампана, зависно од контекста.

лист, прегледни
Шема листова једне карте или више карата у различитим размерама која приказује међусобни положај и ознаке сваког приказаног листа.

локсодрома
Крива на лопти која сече све меридијане под истим углом.

М

метакартографија
Део картографије који изучава теорију картографије (теоријске основе, правци развоја, однос са другим наукама, итд).

мешање боја, адитивно
Поступак добијања спектра боја збрајањем светлости основних боја.

мешање боја, суптрактивно
Поступак добијања спектра боја одузимањем (филтрирањем) основних боја.

мрежа, географска
Мрежа меридијана и паралела на површи елипсоида или лопте.

мрежа, картографска
Слика у равни пројекције координатних линија којима се на одређује положај неке тачке на површи елипсоида или лопте.

мрежа, основна картографска

Картографска мрежа меридијана и паралела (мрежа меридијана и паралела у картографској пројекцији).

мрежа, нормална картографска
Картографска мрежа која је у датој картографској пројекцији има најједноставнији облик линија.

Н

нивоска површ, нулта
Површ која одговара средњем водостају мирног мора, од којег се рачунају надморске (апсолутне) висине.

номенклатура
Ознака (бројеви и/или слова) која одређује положај листа карте у усвојеној подели на листове.

О

обликовање карте
Истраживање и избор одговарајућих картографских средстава изражавања за приказ садржаја карте

ојконим
Назив насељеног места или његовог дела

оквир карте
Једна или више линија које затварају поље карте

оригинал, ауторски
Модел (цртеж) карте настао као дело аутора у размери и картографским изражајним средствима према избору аутора.

оригинал, издавачки
Беспрекорно изведен цртеж листа карте који служи за израду репродукцијског оригинала

оригинал, репродукцијски
Носач који служи за израду штампарске форме

оригинал, састављачки
Графички документ настао у процесу састављања карте који садржи све елементе садржаја карте, а служи за израду издавачког оригинала

оригинал, теренски
Графички документ настао као резултат премера на терену који садржи све елементе карте.

ороним
Назив рељефног облика.

ортодрома
Геодетска линија на лопти.

ортофотокарта
Карта чије је поље састављено од једне или више ортофотографија у истој размери, са одређеним бројем математичких и/или географских елемената.

П

писмо, картографско
Начин графичког представљања односно записивања језика које испуњава посебне графичке услове за примену на картама.

поље карте
Садржај карте приказан унутар оквира карте.

поузданост карте
Својство карте да је њен садржај ослоњен на поуздан премер или поуздане картографске изворе, за које су познати начин и време прикупљања података

правци, главни
Два међусобно управна правца на површи елипсоида или лопте и њима кореспондентни међусобно управни правци у пројекцији дуж којих размера дужина има највећу и најмању вредност.

пројекција, картографска
математички поступак пресликавања површи елипсоида или лопте којом се у картографији апроксимира површ Земље или другог небеског тела у раван

пројекција, конформна
Картографска пројекција у којој нема деформације углова.

пројекција, конусна
Картографска пројекција у којој се као помоћна површ користи површ конуса.

пројекција, коса
Картографска пројекција у у којој се пол нормалне картографске мреже налази у било којој тачки између географског пола и екватора.

пројекција, попречна
Картографска пројекција у у којој се пол нормалне картографске мреже налази у равни екватора.

пројекција, условна
Картографска пројекција код које није у потпуности очувана вредност ни једне величине.

пројекција, усправна
Картографска пројекција у у којој се пол нормалне картографске мреже подудара са географским полом.

Р

растер
(1) Стаклена плоча или лист од транспарентног материјала који садржи скуп правилно распоређених, једнаких графичких елемената различитих узорака велике густине који служи за добијање растерске слике.
(2) површина на карти која је испуњена графичким елементима распоређеним према неком обрасцу (узорку) који се понавља, тако да се на даљини нормалног гледања види сваки појединачни елемент.

размера
Однос две величине изражене истим мерним јединицама.

размерник, графички
Графички представљена размера карте**,** обично у виду хоризонталне линије на којој су означене дужине, изражење у одређеним мерним јединицама које одговарају стварним дужинама у природи.

регионим
Назив већих географских целина, као и оранице, ливаде, пашњака, винограда и шуме

С

састављање карте
Положајно тачно и уопштено приказивање садржаја картиране територије које се врши на основу картографске припреме.

семантика
Научна дисциплина која изучава значење речи, тј. односа речи и онога што оне означавају. Такође, може да се односи на проучавање значења у системима или знаковима.

сигнатура
Картографски знак који се користи за приказ положаја и тежишно квалитативних објеката и појава.

сива скала
Поступан низ небоја, од беле до црне.

скала боја
Уређени низ свих боја које су употребљене на некој карти.

скала боја, хипсометријска
Скала боја састављена од више боја и/или тонова којима се приказују висински односи.

средства картографског изражавања
Средства помоћу којих се приказују објекти и појаве на картама: картографски знаци, боја и писмо (слова и бројеви).

Т

типографија
Уметност и вештина дизајнирања текста коришћењем различитих врста слова, различитих величина слова и различитих размака (хоризонталних и вертикалних) између слова.

тираж карте
Број примерака карата одређеног издања

топоним
Назив (име) топографског објекта

топонимика
Такође: топономастика. Научна дисциплина која се бави проучавањем назива: њиховог настанка и развитка, значења, лексичког састава и

граматичког обликовања, изговора и начина исписивања у изворном језичком облику и у транскрипцији из једног језика у други

транскрипција географских назива
Начин писања географских назива из других језика или писама на језику и писму корисника карте.

транслитерација
Један од начина транскрипције, у којем се свако слово једног писма замењује словом другог, без обзира на изговор.

У

***UTM* систем**
Universal Transverse Mercator. Систем који чини 60 шестостепених попречних Меркаторових пројекција које се надовезују једна на другу тако да обухватају цео свет.

Ф

формат карте
Дужина и ширина поља карте у линеарној или лучној мери. Прво се даје податак о дужини (правац исток-запад), а потом о ширини (правац север-југ).

формат листа папира
Дужина и ширина правоугло обрезаног папира у линеарној мери.

Х

хармонија боја
Поредак боја који ствара угодан осећај чулу вида и даје естетски изглед графичком делу.

хидроним
Назив реке, потока, језера, мора и уопште свих врста вода које су настале природним путем или човековом интервенцијом.

хипсометријска скала боја Уређени низ боја или тоновакојим се приказују висински односи рељефа

ходоним
Назив саобраћајнице.

хороним
Назив различитих просторних целина, попут државе, региона и сл.

Ц

CMYK
Cyan, Magenta, Yellow, Key. Акроним енглеских назива примарних боја у суптрактивном моделу боја: Cyan (плавозелена), Magenta (пурпурна), Yellow (жута) и Key (црна).

Ш

шрафе

У картографији: цртице помоћу којих се представља рељеф на картама.

шрафирање
Употреба шрафа за представњање рељефа на картама.

Индекс појмова

А

азимутне (зенитне) пројекције, 72, 81
Азимутне (зенитне) пројекције, 75
Алмукантарат, 70
алмункантарат, 70
аналитичка карта, 247
анаморфна карта, 268
Анаморфна карта, 269
анаморфне карте, 268
асоцијативност, 215
атлас, 24, 218, 287
атласи, 24
Атрибути боје, 3, 180, 181
Ахроматске боје, 179

Б

бројчанословне ознаке, 174, 176
Бројчанословне ознаке, 175

В

валер, 180, 182, 190, 193, 212, 216, 287
вегетација, 2, 13, 123, 142, 177, 207, 244
вегетације, 4, 124, 142, 143, 170, 226, 231, 242
Вертикал, 70
Визуелне варијабле, 3, 211, 212, 213, 215

Г

Гаус-Кригерова пројекција, 98, 99, 100, 111
Гаус–Кригерова пројекција, 2
Гаус–Кригерова пројекција, 99
Гаус-Кригерове пројекције, 6, 98, 101, 103, 109, 110, 111, 112
Гаус-Кригерову пројекцију, 100, 101, 111
географска имена, 3, 123, 153
Географска ширина, 45
ГЕОГРАФСКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ, 2, 123
Географски називи, 3, 123, 153
геодетска линија, 39, 40, 43, 287
Геодетска линија, 1, 39, 292
геоид, 31, 33, 34
Главни правци, 57
глобус, 19, 20, 287
Глобус, 19
Границе и ограде, 3, 123, 151

Д

двојност нормалних пресека, 43
деформација, 83
деформације пројекције, 96
дигитална картографија, 9
дигиталне карте, 13, 204
Дијаграми, 161, 162, 257
државна пројекција, 98, 100, 101

Е

Еквивалентне пројекције, 84
Еквидистантне пројекције, 86
еквидистанција, 26, 139, 140, 274, 288
елипсе деформација, 90, 91, 92
елипсоид, 31
елипсом деформација, 90
естетичност, 208
Естетски изглед карте, 210

З

Земљин елипсоид, 31, 32, 33, 34, 35

И

издавачки оригинал, 220
издавачки радови, 218
изохипсе, 21, 129, 136, 139, 140, 168, 229, 236, 273, 289

К

карта, 2, 6, 13, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 53, 115, 123, 128, 131, 143, 159, 203, 205, 208, 212, 223, 228, 235242, 244, 245, 256, 268, 289, 290, 291
Картограм, 254, 257
картографија, 7
Картографија, 5, 7, 8, 10, 35, 285
картографска генерализација, 17
Картографска генерализација, 6, 220, 222, 224, 226, 234
картографска пројекција, 18, 29, 70
картографске пројекције, 9, 11, 41, 68, 75, 83, 89, 212, 274
картографски знаци, 17, 139, 160, 161, 294
картографски извори, 219, 222, 223, 289
картографски кључ, 160
картометрију, 11, 127, 191
квантитативност, 215
Конвергенција меридијана, 122
контрасност, 208, 210
конусне пројекције, 72, 76, 78
Конформне (истоугле, ортоморфне) пројекције, 83
конформне пројекције, 68, 96, 97
конформно пресликавање, 83
координатна мрежа, 1, 18, 21, 29, 68, 71
Кружне пројекције, 88

Л

Ламбертова конусна пројекција, 97
легенда, 18, 26, 66, 165, 201, 290
Линеарна размера, 1, 54, 57
Линијске сигнатуре, 167
локсодрома, 40
Локсодрома, 1, 40, 41

М

маргине, 25
Меридијани, 1, 38, 39, 56, 79
метакартографију, 11
Метода ареала, 4, 253, 254
Метода знакова, 4, 272, 273
Метода изолинија, 4, 273, 275
Метода линија кретања, 4, 270
Метода рејонирања, 4, 252, 253
Метода тачака, 4, 276, 277
методе сенчења, 132
Модел боја, 183, 187
модулација координата, 109

Н

Називи, 154, 155, 205, 220
Намена карте, 222, 225
Насељена места, 2, 123, 143, 144
наслов карте, 62, 66, 208, 218
нијанса, 181, 182
номенклатура, 29
номенклатурама., 63
номенклатуре, 65, 66
Нормална картографска мрежа, 87, 88, 89
нормални пресеци, 41
Нормални пресеци, 1, 41, 42, 43

О

Објекти, 3, 123, 146, 147
обликовање карте, 207
Обликовање карте, 206
обрнути задатак, 2, 105, 122
Општегеографске карте, 15
оријентације листа, 65
ортодрома, 1, 39, 292
Ортофото карте, 21
Ортофотокарте, 21
основна карта, 246
Основна карта, 246

П

паралеле, 1, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 70, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 88, 91, 92, 98, 99, 104, 105, 167
Пиктограф, 260
Пластика боја, 134
Пластика сенки, 131
Површинска размера, 58
Површинске сигнатуре, 168, 169
полиедарска пројекција, 89
Поликонусне пројекције, 88
поље карте, 25, 66, 208

попречна Меркаторова пројекција, 98, 111
Почетни меридијан, 45
прави задатак, 2, 104, 122
правоугли просторни координатни систем, 44, 46, 47
праг читљивости, 207, 208, 232
Прегледни лист, 64
прегледним листовима, 63
прегледност, 208, 209, 222, 224, 225, 243, 246, 267, 279
пресек *по меридијану*, 42
пресек *по првом вертикалу*, 42
Пресликавање, 19, 68
пројекција, 17
простор боја, 183, 187, 188
Псеудоконусне пројекције, 88
Псеудоцилиндричне пројекције, 88

Р

размера, 17
Размера карте, 223
Размерни низ, 63
размерник, 26, 59, 61, 293
Размерник, 60
размерника, 59, 60, 61
растер, 171, 172, 214, 216, 255, 258, 293
Растер, 171, 172
редакцијски радови, 218
редуковане координате, 109
редукција координата, 109
рељеф, 13, 18, 20, 128, 136, 167, 171, 177, 207, 220, 229, 236, 244, 295
Рељеф, 2, 123, 128, 138
Рељефне карте, 20
Рељефни модел, 20
репродукцијски радови, 218, 221
руже ветрова, 260

С

сажимање карактеристика, 226
Саобраћајнице, 3, 123, 147
састављачки радови, 218
Састављачки радови, 220
сатурација, 180, 182, 191, 192, 213
Секући конус, 77
селективност, 215
Сигнатуре, 3, 161, 162, 217
синтетичка карта, 247
скале боја, 192, 194, 256
Степенска подела, 64
Стереоскопске карте, 23

Т

Тактилне карте, 22
тематска карта, 245, 246, 257, 274
тематска картографија, 9, 246, 250
Тематске карте, 15, 246, 247, 250
Тип писма, 196
Тисоова индикатриса, 2, 90, 288
Тло, 2, 123, 142
тон, 134, 171, 180, 181, 182, 255, 287
Топле боје, 180
топографска картографија, 9
топографске карте, 63, 65, 66, 123
топонимика, 153, 294
топономастика, 153, 294
транскрипција, 157, 294
транслитерација, 157, 294

У

умножавање карте, 221
ундулација, 34
Условне (произвољне) пројекције, 85

Ф

Фактор размере, 122
формат карте, 18, 29, 62, 207

Х

хармонија боја, 189, 190, 294
Хидрографија, 2, 123, 124, 125
хладне боје, 176, 180, 190
Хроматске боје, 179

Ц

цилиндричне пројекције, 72, 79

Ч

читљивост, 173, 208, 209, 222, 225, 243, 261, 267, 279
Читљивост карте, 209

Индекс личних имена

А

Аполоније из Пергама 50

Б

Берман, Џон, амерички картограф 79
Bertin, Jacques, француски картограф 199
Bessel, Friedrich Wilhelm 29, 87, 26
Boaga, Giovanni 79, 99
Боне, Ригоберт, француски картограф 79

В

Винкел, Освалд, немачки картограф 79

Г

Гал, Џејмс, шкотски картограф 79
Gauss, Johann Carl Friedrich, 24, 79, 86, 87
Guttenberg, Johannes Gensfleisch zur Laden zur 182
Garamont (Garamond) Claude, француски типограф 185
Гилберт, Џејмс, енглески картограф, 79

Е

Everest, George, британски геодета25
Екерт, Макс, немачки картограф 79

К

Коши, Аугустин Луис, француски математичар 74
Красовски, Феодосиј, руски геодета 26, 29
Krüger, Johann Heinrich Louis, 79, 86, 87

Л

Ламберт, Јохан Хајнрих 79, 83
Legendre, Adrien-Marie 33
Listing, Johann Benedict 25

М

Maupertuis, Pierre Louis Moreau de 26, 29
Меркатор, Герхард, 79, 83
Молвајд, Карл, немачки математичар 79

Н

Newton, Isaac 24, 166

П

Петерс, Арно, немачки картограф 79

Р

Римано, Бернхард, немачки математичар 74
Робинсове, 79

С

Салишчев, Константин Алексејевич 1
Сансон, Николас, француски картограф 79

Т

Töpfer, Karl Friedrich, немачки геодета 214
Tissot Nicolas Auguste 80, 81, 83

Х

Хаке, Гинтер, немачки картограф 1
Hayford, John Fillmore, амерички геодета 26, 29
Huygens, Christian, холандски математичар 24

Ц

Clarke, Alexander Ross, британски геодета

Џ

Jenks, George Frederick, амерички географ 268